

М. Мамадазимов

АСТРОНОМИЯ

*Китоби дарсӣ барои донишомӯзони синфҳои 11-уми мактабҳои
миёнаи таълими умумӣ*

Наири-1

*Вазорати таълими халқи Республикаи Ўзбекистон
тасдиқ намудааст*

«DAVR NASHRIYOTI»
Тошканд – 2018

UO‘K 52(075.3)

KBK 22.6ya72

M 23

Китоби дарсии мазкур бино ба дархосту ниёзҳои таълимӣ барои синфҳои 11-уми таълими ҳамагонӣ ва ҳамчунин барои мактабҳои тахассусии астрономӣ, ки дар назди ФУ Ҷумҳурии Ўзбекистон қушода шудаанд, пешбинӣ шудааст ва аз ду қисм иборат мебошад.

Дар ин китоб мавзӯҳо бо таваҷҷӯҳ ба дараҷаи мураккабӣ бо як ситорача (*) ё ду ситорача (**) нишон дода мешаванд. Ҳарчанд маводи дарсии як ситорачадор (*) барои мактабҳои маъмулӣ ва тахассусӣ пешбинӣ шудаанд, ҳангоми тадриси донишомӯзон дар мактабҳои маъмулӣ, бо додани маълумоти умумӣ кифоят мекунанд. Бо ин ҳол, тақозо мешавад, ки дар мактабҳои тахассусӣ мазмуну муҳтавои онҳо ба воситаи абзори математикӣ ба таври васеъ омӯзонанда шаванд. Мавзӯҳои, ки дар китоб бо ду ситорача (**) ишора шудаанд, марбут ба мактабҳои тахассусӣ буда, дар онҳо ба хоҳири расидан ба ҳадафи ниҳой матолиби астрономӣ ба таври дақиқ ва амиқ тавзеҳ дода мешавад. Илова ба ин, «Элементҳои кайҳоннавардӣ»-и дар китоби дарсӣ зикршуда низ махсус ба мактабҳои тахассусӣ мебошанд ва мақсади омӯзиши онҳо аз шиносондани донишомӯзон бо мафҳумҳои элементарии соҳаи аэронавтика иборат аст.

Муқарризон:

Ш.А. Эгамбердиев – директори Пажӯҳишгоҳи астрономияи ФУ Рӯз, доктори илмҳои физика-мамаматика, академик;

С.П. Илясов – ҷонишини директори Пажӯҳишгоҳи астрономияи ФУ Рӯз оид ба қорҳои илмӣ, доктори илмҳои физика-мамаматика;

Ч. Шерданов – ходими Пажӯҳишгоҳи астрономияи ФУ Рӯз, номзади илмҳои физика-мамаматика;

Б. Сатторова – дотсенти ДДПТ ба номи Низомӣ, номзади илмҳои педагогика;

У. Алимӯхамедова – муаллимаи мактаби рақами 9-уми ноҳияи Юнусободи шаҳри Тошканд;

Е. Ҷуманиёзов – муаллими мактаби рақами 8-уми ноҳияи Сирғалии шаҳри Тошканд.

Астрономия [Матн]: китоби дарсӣ барои донишомӯзони синфҳои 11-уми мактабҳои миёнаи таълими умумӣ, ки таълим ба забони тоҷикӣ бурда мешавад / М.Мамадазимов. – Тошканд: «DAVR NASHRIYOTI» 2018. 176 с.

M 23

UO‘K 52(075.3)

KBK 22.6ya72

Аз ҳисоби маблағҳои бунёди мақсадноки китоби Республика ҷоп шудааст.

© М. Mamadazimov, 2018

ISBN 978-9943-5024-7-5

© ҚММ, «DAVR NASHRIYOTI», 2018

МУҚАДДИМА

МАВЗЌИ 1.

§ 1. Астрономия чиро меомӯзад?

Таърихи инкишоф ва алоқаи он бо фанҳои дигар

Фанне, ки ҷисмҳои ба мо наздиктарину дуртарини Кайҳон, ҳаракат ва табиати физикии онҳоро меомӯзад, *астрономия* (нучумшиносӣ) номида мешавад. Мафҳуми астрономия аз калимаҳои юнонии «astron» – ситора, «nomos» – қонун ташкил ёфта, он ҷисмҳои осмон, пайдоиши низом ва сохти онҳо, ҳаракат, табиати физикӣ ва таҳаввулотии онҳоро меомӯзад.

Таърихи мухтасари ташаккули астрономия. Астрономия ҳам мисли дигар фанҳо дар асоси эҳтиёҷоти табиӣ ҷомеа ба вучуд омадааст. Мафҳумҳои ибтидоии астрономия дар Бобулистон, Миср, Осиёи Марказӣ, Хитой, Ҳиндустон барин мамлакатҳо якҷанд ҳазор сол пеш мавҷуд буд.

Астрономҳои Юнони қадим баробари мушоҳидаи ҳодисаҳои астрономӣ ба шарҳ додани пайдоиши онҳо низ кӯшиш мекарданд. Хусусан, Пифагор ақидаи курашакл будани Заминро баён кардааст, Арасту бошад, ба ғояи геосентристии Олам асос гузошт, ки мувофиқи он дар маркази Олам Замини беҳаракат воқеъ аст.

Эратосфени александриягӣ дар асри III пеш аз мелод аввалин шуда дарозии камони меридиани 1° ва баъдтар дар ҳамин асос радиуси сайёраамонро чен намуд. Файласуф ва олими машҳури Юнон Гиппарх нахустин феҳристеро (каталогеро) тартиб дод, ки координатаҳои садҳо ситораро дар худ ақс намуда буд. Дар асри II мелодӣ астрономи машҳури юнонӣ Клавдий Птоломей дар асари худ «Megale syntaxis» (Сохтори бузург) дастовардҳои нучумшиносони Юнонро ҷамъбаст намуда, таълимотеро офарид, ки он ҳаракати зоҳирии ҳалқамонанди сайёраҳо ва сохтори Оламро дар заминаи назарияи гео-



Расми 1. Арасту (асри IV пеш аз мелод) сохти Оламро ҳамин тавр тасаввур мекард.

марказии Аристотел-Гиппарх, ки дар марказ Замин воқеъ аст, ифода мекард (*расми 1*).

Мувофиқи ин таълимот, ҳамаи панҷ сайёраи ҳамон давр маълумбу-да (Уторид, Зухра, Миррих, Муштарӣ ва Зухал) дар атрофи Замин аз рӯи давраҳои *эписикл* номидашаванда ва маркази *эписикл*ҳои мазкур аз рӯи давраҳои калони *деферент* номидашаванда давр мезананд. Гарчи чунин назарияи геосентрӣ манзараи ҳақиқии Оламо ифода намекунад, он дар давоми қариб понздаҳ аср эътироф шудааст.

Асрҳои IX–XV дар мамлакатҳои Шарқи Наздик ва Миёна, инчунин Осиеи Марказӣ расадхонаҳои калони астрономӣ сохта ва ба қор андохта шуданд. Дар онҳо Ал-Баттонӣ, Ал-Хоразмӣ, Ал-Фарғонӣ, Абӯмахмуд Хучандӣ, Абу ал-Вафо Бузҷонӣ, Абдурахмон ас-Софӣ ва Ибн Юнус барин аҷдоди бузургамон эҷод кардаанд.

Хусусан, Ал-Баттонӣ муваффақиятҳои астрономияи юнониҳоро ҷамъбаст намуда, баъзе маълумотҳои ба ҳаракати моҳ алоқамандро дақиқ намуд. Асари «Асосҳои астрономияи»-и Ал-Фарғонӣ дар ҳамон давра энциклопедияи ба худ хоси илми фалакиёт гардид. Кашфиётҳои оиди ҳаракати Моҳ, ҷен намудани дарозии меридиани Замин олимони арабро ба ҷаҳон машҳур сохтанд. Зиёда аз 40 асари донишманд Абӯрайҳон Берунӣ дар асрҳои X–XI доир ба илми нучумшиносӣ офарида шудааст, ки маълумоти зиёдеро дар бораи ҳаракати Офтоб, Моҳ ва сайёраҳо, гирифтани онҳо, тақвимҳо фаро мегирад.

Дар асри XV яке аз намоёндаҳои бузурги астрономияи Шарқ Мирзо Улуғбек азимтарин расадхонаи астрономиро дар Самарқанд барпо намуд. Дар натиҷаи фаъолияти якҷанд даҳсола давомёфтаи расадхона мактаби астрономии иборат аз олимоне чун Қозизодаи Румӣ, Ҷамшед Кошӣ ва Алӣ Қушчӣ шакл ёфт.

Тараққиёти минбаъдаи астрономия ба як қатор кашфиётҳои фундаменталии олимони дар Аврупо вобаста аст. Дар ин бора фаъолияти Николай Коперники полшагӣ, Ҷордано Бруно ва Галилео Галилейи итолиёӣ, Иоган Кеплери олмонӣ, Исаак Нютони англис хеле бобарор буд. Қонунҳо ва кашфиётҳои асосии соҳаи табиатшиносӣ, ки дар давоми асрҳои XVI то ибтидои асри XX ба амал омад, бо номи олимони зикршуда вобаста аст.

Дар миёнаҳои асри XIX дар натиҷаи кашф шудани таҳлили спектрӣ ва истифодаи аксбардорӣ дар астрономия уфуқҳои нави астрономия кушода

шуданд. Ин усулҳо барои ошкор кардани табиати физикии ҷисмҳои осмонӣ имкониятҳои васеъро ба вучуд овард.

Дар натиҷа, ба фанни нав – *астрофизика* асос гузошта шуд, ки он табиати физикии ҷисмҳои осмонӣ ва системаи онҳоро меомӯзад.

Алоқаи астрономия бо фанҳои дигар. Астрономия бо тамоми фанҳои дигар узван алоқадор аст. Дар ташаккули астрономия хусусан аҳамияти фанҳои *физика* ва *математика* калон буд. Астрономия ҳам дар навбати худ бо муваффақиятҳои дар ин даҳсолаҳо ба даст овардаш ба рушди фанҳои физика ва математика саҳми боарзиш мегузорад.

Ғоя, назария ва усулҳои зиёди фанҳои физика ва математика дар тадқиқотҳои астрономӣ аз санҷиш мегузаранд. Назарияҳои вобаста ба қонунҳои механика, ғояҳои асосии назарияи нисбият, физикаи квантӣ, сохти атом, реаксияҳои ядрой, таъсири байни модда ва афканишот аз ҳамин ҷумла аст.

Таркиби кимёвии ҷисмҳои осмонӣ, пайвастиҳои молекулярӣ атмосфераҳо ташкилдода, масъалаҳои оид ба пайдошавии ҳаёт дар Замин аз масъалаҳоест, ки алоқаи *астрономияро* бо фанҳои *кимё* ва *биология* намоён мекунад.

Масъалаҳои зиёди ҷабҳаи *методологӣ*, *ҷаҳонбинӣ* ва *экологӣ* алоқаи *астрономияро* бо фанҳои *иҷтимоию гуманитарӣ* ифода мекунад. Аз рӯйи дастнависҳои қадима, ки дар онҳо воқеаҳои астрономӣ баён шудаанд, таърихи муайян кардани вақти содир шудани онҳо бисёр вомехӯрад. Дар солҳои охир такмил ёфтани асбобҳои тадқиқотии астрономӣ ва дар идоракунии аз *техникаю радиоэлектроника* истифода бурдан аҳамияти махсус касб намуд. Ҳамаи ин нишон медиҳад, ки пешрафту ташаккули астрономия дар алоқамандии узвӣ бо фанҳои дигар ба амал меояд.

Савол ва супоришҳо:

1. Ҷисми курашакли осмонӣ будани Заминро бори аввал кӣ муайян кардааст?
2. Радиуси Заминро дар замони қадим кихо нахустин бор чен кардаанд?
3. Аз олимони асримиёнагии Осиёи Миёна ва Аврупо кадомихо ба равнаки астрономия ҳиссаи калон гузоштаанд?
4. Маркази астрономии асрҳои миёна дар худуди Ўзбекистон дар қучо ҷойгир шуда буд?
5. Дар бораи алоқамандии астрономия бо фанҳои дигар чихо медонед?

ҚИСМИ I

БОБИ I. АСОСҲОИ АСТРОНОМИЯИ АМАЛӢ

МАВЗӢИ 2.

§ 2. Ҳаракати шабонарӯзии ҷисмҳои мунир. Бурчи ситораҳо

Ҳаракати зоҳирии шабонарӯзии ситораҳо. Шояд шахсе набошад, ки шабҳои беғубор ба шадда-шадда ситораҳои чароғони осмон нигариста, завқ набурда бошад. Дар нигоҳи аввал онҳо бешумор менамоянд, вале дар асл миқдори ситораҳои бо чашми оддӣ дидашаванда аз 3000 зиёд нест. Агар шабона дар давоми чандин соат муттасил ҳаракати ситораҳоро аз ягон нуқта истода мушоҳида кунем, мебинем, ки онҳо дар атрофи тири ҳаёлии аз нуқтаи мушоҳид гузаранда (онро меҳвари олам меноманд) давр мезанад. Ҳангоми чунин ҳаракат ҷисми осмонии дилхоҳ мавқеи худро нисбат ба самтҳои уфуқ тағйир медиҳад. Давомнокии чунин гардиши зоҳирии осмони ситоразор ба як шабонарӯз баробар аст. Рӯ ба ҷануб истода чунин менамояд, ки ҳаракати ҷисмҳо аз чап ба рост, яъне аз рӯйи ақрабаки соат ба амал мепазирад.

Агар мушоҳид дар давоми вақти муайян бо ёрии суратгирак қисми шимолӣ осмонро ба акс гирад, мебинад, ки қисми муайяни ситораҳо аз шарқ баромада ба ғарб ғуруб мекунанд, ғурубнакунандаҳо – дар атрофи нуқтаи маълуми беҳаракат давраҳои консентрикӣ (давраҳои марказашон дар як нуқтабуда) мекашанд. Дар асл ин ҳодиса ба туфайли дар атрофи Офтоб давр задани Замин содир мешавад (*расми 2*).



Расми 2. Гардиши зоҳирии ситораҳо дар атрофи Ситораи Қутб (бо ёрии суратгирак ба қутб гардонидашуда дар давоми якҷанд соат гирифта шудааст).

Дар Шарқи қадим одамон барои аз рӯйи ҷирмҳои осмонӣ мавқеи худро муайян кардан, ситораҳои равшани дар қисми маълуми осмон воқеъбударо аз рӯйи мавқеи махсуси ҷойгиршавишон ба гурӯҳҳо ҷудо мекарданд. Ин гуна гурӯҳҳоро бурҷҳо меномиданд.

Бурҷҳоро ба номи ҳайвонот (Хирси Калон, Дачоча, Шер, Аждаҳо, Наҳанг), қаҳрамонони аотири юнон (Кассиопея, Андромеда, Пегас ва дигарон), баъзан ҳамроҳ бо ситораҳои дурахшо-

нашон ба исми шаклҳои геометрӣ ва ашё (Мусаллас, Мизон, Обгардон) гузоштаанд.

Ситораҳои равшани бурҷҳо барои ёфтани мавқеи ситораҳои хираи ин бурҷ ва бурҷи ҳамсоя чун сарнишон хизмат мекунад.

Барои ягон бурҷ ё ки ситораро дар осмон ёфтан, аввало бо харита ва атласи ситораҳо хеле хуб шинос шудан лозим, баъд бо ёрии онҳо дар осмон ёфтани ситораю бурҷҳоро машқ кардан лозим.

Ҳаракати шабонарӯзии Офтобу Моҳу сайёраҳо ҳам аз шарқ ба самти ғарб ба вуқӯ меояд, вале дар тафриқа аз онҳо, нуқтаҳои тулӯ ва ғуруби онҳо, инчунин баландии максималии авҷи онҳо бо гузашти рӯзҳо тағйир меёбад.

Хусусан Офтоб дар Наврӯз (21-уми март) аз нуқтаи Шарқ баромада дар нуқтаи Ғарб ғуруб мекунад, пас нуқтаҳои баромад ва ғуруби он ба тарафи шимол ҳаракат мекунад. Ин ҳолат то 22-юми июл давом карда, баъд нуқтаҳои баромад ва ғуруб баръакс ба тарафи ҷануби уфуқ ҳаракат мекунад. Дар ин давра баландии нисфирӯзии Офтоб паст шуда рӯз кӯтоҳ, шаб бошад, баръакс дароз мешавад.

Радифи сайёраи мо Моҳ ҳам дар ҳаракати зоҳирии шабонарӯзӣ иштирок намуда, аз шарқ ба ғарб бо якҷоягии ситораҳо мекӯчад. Мо дар давоми якчанд шабонгоҳ мушоҳида намуда, ҳаракати Моҳро нисбати ситораҳо пай мебарем. Моҳ ҳар шабонарӯз ба самти шарқ нисбат ба ситораҳо тақрибан 13° ҷой иваз намуда, дар атрофи Замин дар 27, 32 шабонарӯз як маротиба давр зада мебарояд.

Дар давоми якчанд моҳ мунтазам Офтобро мушоҳида намуда маълум менамоем, ки вай ҳам монанди Моҳ нисбат ба ситораҳо аз ғарб ба шарқ мекӯчад. Ба туфайли ин гуна *ҳаракати зоҳирии* Офтоб, кӯчиши шабонарӯзӣ нисбат ба Моҳ хеле хурд буда, тақрибан камони ба як градус баробарро ташкил мекунад ва дар як сол пурра давр зада мебарояд. Ин ҳаракати Офтоб ба туфайли *ҳаракати солони ҳақиқии Замин дар атрофи Офтоб* содир мешавад.

§ 3. Далелҳои дар атрофи меҳвари худ давр задани Замин *. Раққосаки Фуко

Шабона ба осмон нигоҳ карда, бо ҳисобкунии оддитарин ҳам муайян кардан мумкин аст, ки ситораҳо аз шарқ ба ғарб ҳар соат ба 15° мекӯчанд. Акнун 360-ро ба 15° тақсим кунем, 24 соат ҳосил мешавад. Яъне маълум мешавад, ки ҳамаи ситораҳо дар 24 соат атрофи Заминро як маротиба пур-



Расми 3. Дар атрофи меҳвари худ давр задани Замин бо ёрии раққосаки Фуко.

ра чарх мезананд. Ин хел даврзании зохирии ситораҳо дар атрофи Замин ба туфайли чархзании якшабонарӯзии Замин дар атрофи меҳвари худ аз тарафи ғарб ба шарқ мебошад.

Дар атрофи меҳвари худаш давр задани Замин бо таҷрибаҳои зерин тасдиқ мегардад.

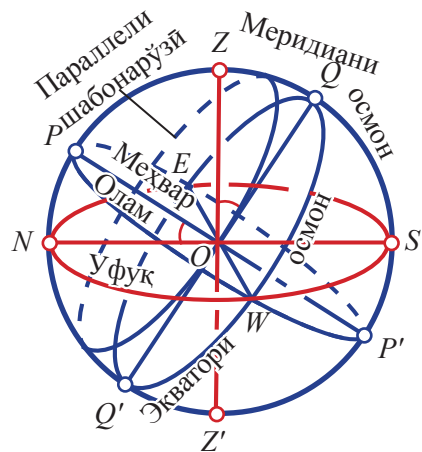
Дар яке аз қутбҳои Замин раққосаки математикӣ овехта (ба ҷойи курачаи раққосак сатилчаи тағаш сӯроҳ ва бо рег пушударо мегирем), лапиш дода шавад (ин гуна раққосакро *раққосаки Фуко* меноманд), рег аз сатил ба ҳамвории лапишдори зери он дар чихати як хатти рост (вокеъ дар ҳамвории лапишдор) нарехта, балки хатти резиши рег (яъне ҳамвории лапишдор) бо мурури вақт ва ором шудани раққосак дар атрофи нуқтаи

додашудаи Замин бо самти ҳаракати акрабаки соат тоб меҳӯрад. Ин нишон медиҳад, ки Замин дар атрофи меҳвари худ давр мезанад, чунки нуқтае, ки раққосак ба вай овезон аст, ҷӣ қадар чарх занонда шавад ҳам, ҳамвории лапишро тағйир намедиҳад. Чунки нуқтаи овезон ҷӣ қадар давр занонида шавад ҳам, ҳамвории лапишро тағйир надодани раққосак аниқ аст. Бинобарин изи реги ба зери он рехта бо гузашти вақт масоҳати секторҳои кунҷояшон ростро дар бар гирифта, фақат аз давр задани Замин гувоҳӣ медиҳад. Дар калисои ҷомеи шаҳри Париж бо ёрии раққосаки дарозиаш 60 метрии Фуко чархзании Замин дар атрофи меҳвари худ бо ҳамин роҳ намоиш дода мешавад (*расми 3*). Ҳамчунин, санги аз баландии маълум ҳаво додашуда ба замин ҳам на мувофиқи радиуси он, балки ба тарафи шарқ моил шуда меафтад. Ин таҷриба низ далели дар атрофи меҳвари худ давр задани Замин шуда метавонад.

§ 4. Кураи осмон, нуқтаҳо, давраҳо ва хатҳои асосии кураи осмон

Барои омӯختани вазъияти зоҳирӣ ва ҳаракати ҷирмҳои мунири осмон дар вақти мушоҳида, зарур аст, ки ҷойи онро муайян намоем. Барои ин вазъияти ҷисмҳои мунири осмонро нисбат ба самтҳои маълум омӯختан кифоя буда,

дар бисёр ҳолатҳо ба муайян кардани масофа то онҳо эҳтиёҷ пайдо намешавад. Пеш аз омӯхтани вазъияти зоҳирӣ ва ҳаракати ҷисми мунир ба нуқтаҳо, бо давраҳо ва хатҳои асосӣ бояд шинос шуд. *Кураи осмон* гуфта, кураи радиусаш ихтиёрӣ N ва марказаш дар ҷойи мушоҳида воқеъгаштаре меноманд, ки дар ин кура дар вақти маълум ситораҳо ҷӣ хел намоён бошанд, ҳамон хел тарҳрезӣ мешаванд. Нуқтае, ки дар болои сари мушоҳид ҳобида, аз он хатти шоқулӣ мегузарад, нуқтаи зенитӣ ё худ *зенит* (Z), ва нуқтаи дигари ба таври диаметрӣ муқобил ҳобида *надир* (Z') ном дорад (*расми 4*).



Расми 4. Нуқтаҳо, давраҳо ва хатҳои асосии кураи осмон.

Хатти ростеро, ки ин нуқтаҳоро мепайвандад, *хатти шоқулӣ* меноманд. Давраи калонеро, ки аз буриши ҳамвории аз маркази кураи осмон ба тири шоқулӣ перпендикуляр ҳосил шудааст, *уфуқи математикӣ* меноманд.

Давраҳои калонеро, ки аз буриши кура ба ҳамвории аз тири шоқулӣ гузаранда ҳосил шудааст, *давраҳои амудӣ* меноманд. Нуқта ва хатҳои дар боло овардашуда вобаста ба тағйирёбии ҷойи худ дар сатҳи Замин тағйир ёфта метавонад.

Дар кураи осмон чунин нуқта ва хатҳои алоқаманд бо нуқта ва хатҳои кураи Замин мавҷуд аст, ки ҳангоми аз ҷойи дилхоҳи Замин мушоҳида кардан ҳолати худро тағйир намедиханд. Қутби олам, меҳвари олам, экватори осмон аз ҳамин гуна нуқта, хат ва давраҳо мебошанд.

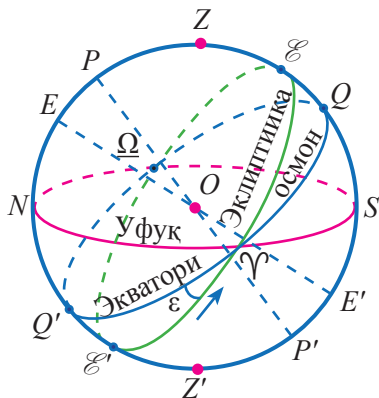
Нуқтаҳои буриши меҳвари Замин бо кураи осмон *қутбҳои олам* номида мешавад. Нуқтаи буриши давоми қутби шимолии Замин бо кураи осмон – *қутби шимолии олам* P , нуқтаи буриши давоми қутби ҷанубии Замин бо кураи осмон *қутби ҷанубии олам* P' номида мешавад. Тире, ки нуқтаҳои қутбҳои оламо мепайвандад, *меҳвари олам* номида мешавад. Давраи калоне, ки аз буриши ҳамвории ба меҳвари олам перпендикулярӣ ва аз маркази кураи осмон гузаранда ҳосил гардидааст, *экватори осмон* ном дорад. Экватори осмон бо экватори Замин дар як ҳамворӣ меҳобад. Давраҳоеро, ки аз буриши ҳамвории ба ҳамвории экватор параллел ҳосил шудаанд, *параллелҳои шабонарӯзӣ* меноманд.

Давраҳои калонеро, ки меҳвари олабро гузашта кураи осмонро мебаранд, *даврахои моил* меноманд.

Давраи калонеро, ки аз қутбҳои олам, нуқтаҳои зенит ва надир мегузарад, меридиани осмон меноманд. Нуқтаҳои буриши он бо уфуқҳои математикӣ *нуқтаи Шимол* (N , наздик ба қутби шимолии олам) ва *нуқтаи Ҷануб* (S , наздик ба қутби ҷанубии олам) ном бурда мешавад. Нуқтаи буриши экватори осмон бо уфуқи математикӣ *нуқтаҳои Шарқ* (E) ва *Ғарб* (W) номида мешавад. Порчаи хатти росте, ки нуқтаҳои шимол ва ҷанубро мепайвандад, хатти нисфирӯзӣ ном бурда мешавад.

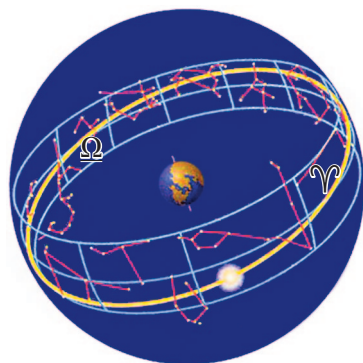
§ 5. Ҳаракати зоҳирии солонаи Офтоб. Эклиптика

Ҳаракати зоҳирии Офтобро аз шарқ ба ғарб дар байни ситораҳо ва кӯчидани онро (ғайриҳақиқӣ), чуноне ки хотиррасон карда будем, аз замонҳои қадим пай бурдаанд. Чунин ҷойивазкунӣ дар ҳар шабонарӯз тахминан ба 1° баробар аст. Ин роҳи *зоҳирии* солонаи Офтоб давраи калоне мебошад, ки онро *эклиптика* меноманд. Дар давоми сол, дар як ҷой истода дар нисфирӯзӣ дурии Офтоб аз зенит чен карда шавад, моилии вай нисбат ба экватори осмон аз $+23^\circ 26'$ то $-23^\circ 26'$ буданаш аниқ мешавад. Аз ин маълум мешавад, ки моилии ҳамвории эклиптика нисбат ба экватори осмон ба $\epsilon = 23^\circ 26'$ баробар аст (*расми 5*). Эклиптика чор нуқтаи хос дошта, дутои онҳо нуқтаҳои буриширо бо экватори осмон, дутои дигараш бошад, нуқтаҳои маълумтарин аз экватори осмонро ифода мекунанд. Яке аз нуқтаҳои буриши он бо экватор (дар натиҷаи аз нимкураи ҷанубӣ ба нимкураи шимолӣ бурида гузаштани Офтоб ҳосил шудааст) *нуқтаи эътидоли баҳорӣ* номида шуда (γ), Офтоб ба он рӯзи 21-уми март мегузарад. Дуюмаш бошад, *нуқтаи эътидоли тирамоҳӣ* (Ω) номида шуда, Офтоб ба он рӯзи 23-сентябр мегузарад. Ҳамон нуқтаи эклиптикаи (\mathcal{E}), ки дар нимкураи шимолии осмон таҳти кунҷи калонтарин ($+23^\circ 26'$) воқеъ мешавад, исти (инқилоби) тобистонаи офтобӣ ном дорад ва аз ин нуқта Офтоб рӯзи 22-юми июн мегузарад.



Расми 5. Ҳаракати зоҳирии солонаи Офтоб. Эклиптика (ϵ – кунҷи ҳосилкардаи эклиптика ва экватори осмон).

Дар нимкураи чанубӣ нуқтаи моилии калонтарин доштаи ($-23^{\circ}26'$) эклиптика бошад, исти (инқилоби) зимистонаи офтобӣ (\mathcal{E} ') номида шуда, Офтоб аз он ҳар сол 22-декабр мегузарад. Роҳи ҳаракати зохирии Офтоб аз соҳаи бурчи ситораҳо мегузарад, ки онро *соҳаи зодиаки* меноманд. Дар ин соҳа 12 бурчи ситораҳо ҷойгир шудаанд ва онҳо *Ҳут, Ҷамал, Савр, Ҷавзо, Саратон, Асад, Сунбула, Мизон, Ақраб, Қавс, Ҷадӣ, Далв* номида мешаванд (*расми 6*). Ҳаракати солони зохирии Офтоб дар партави ситораҳо дар асл ба туфайли ҳаракати солони *ҳақиқии* Замин дар атрофи Офтоб содир мешавад. Барои ҳамин ҳам ҳамвори ҳаракати зохирии Офтоб бо ҳамвори мадори Замин болои ҳам меафтад. Бинобарин, моилии эклиптика ба экватори осмон ба моилии экватори Замин ба ҳамвори мадори он як хел ($23^{\circ}26'$) мешавад.



Расми 6. Бурҷҳои ситораҳое, ки дар ҳамвори эклиптика ҷойгир шудаанд—соҳаи зодиаки.

Савол ва супоришҳо:

1. Сабаби аз шарқ ба ғарб давр задани осмони ситораҳо дар чист?
2. Оё ҳаракати Офтоб ва Моҳ дар атрофи Замин аз шарқ ба ғарб ҳаракати ҳақиқист?
3. Дар атрофи меҳвари худ давр задани Замин бо ёрии кадом далел исбот мешавад?
4. Нуқта, хат ва давраҳои кураи осмонро дар модели кураи осмон нишон диҳед.
5. Ҳамвори эклиптика нисбат ба экватори осмон дар кадом кунҷ моил шудааст?
6. Ба нуқтаҳои асосии эклиптика (нуқтаҳои эътидоли баҳорӣ ва тирамоҳӣ, нуқтаҳои исти баҳорӣ ва тирамоҳии офтобӣ) таъриф диҳед.

МАВЗӮИ 3. § 6. Координатаҳои осмон

Ҳангоми омӯзиши координатаҳои осмон, нуқтаи буриши экватор ва меридиани Заминро, ки аз шаҳри Гринвичи Британияи Кабир гузаштааст ва дар сатҳи Замин барои координатаҳои нуқтаҳои аҳолинишин чун сарҳисоб

кабул шудааст ва аз курси география ба мо шинос аст, ба ёд меорем (*расми 7*). Дар он координатаҳои шаҳри Тошканд – тӯли географӣ – λ_T ва φ_T – арзашро муайян карда, координатаҳои географиро ба ёд меорем. Дар системае, ки системаи координатаҳои экваториалии осмон номида мешавад, чуноне дар Замин мавқеи ҷисмҳои мунир бо ду координатаи ба ном – *фарози рост* α (алфа) ва *майли* δ (делта) муайян мешавад.

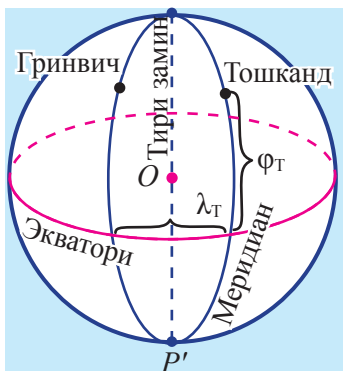
Дар ин ҷо шарт мекунем, ки ба сифати ибтидои ҳисоби нуқтаи буриши эклиптика ва экватори осмон нуқтаи эътидоли баҳори Υ гирифта мешавад (*расми 8 а, б*).

Барои ёфтани баромади рости ҷирми мунири ихтиёрии M аз он нимдавраи моил мегузаронем ва нуқтаи K -и буриши он бо экватори осмонро ҳосил мекунем. Аз нуқтаи K -и эътидоли баҳорӣ ба дурии камон баромади рости ҷисми мунири M -ро мефаҳмонад, яъне: $\alpha = \Upsilon K$. Ин камон бо кунҷи (O) $\angle \Upsilon OK$ чен карда мешавад, ки дар ин ҷо мушоҳид дар маркази кура мебошад.

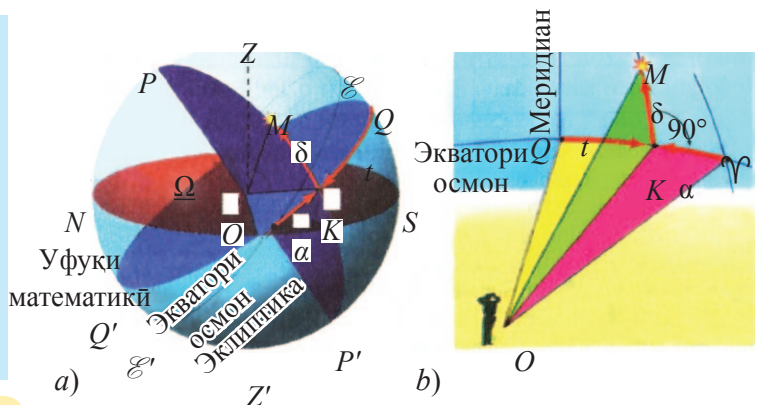
Координатаи дуҷуми ҷисми мунири дуҷуми M -майл бошад, бо камони (\overline{KM}) аз нуқтаи K то ҷирми мунири M (*расми 8 а, б*) чен карда мешавад. Барои мушоҳиди дар марказ воқеъгашта ин камон бо кунҷи марказӣ, яъне ба он таъқардааш чен карда мешавад: $\delta = \angle KOM$.

Баромади рости ҷирми мунир, одатан ба самти муқобили даврзании шабонарӯзии осмон чен карда шуда, бо соат, дақиқа, сонияҳо ифода карда мешавад. Худуди ченкунӣ аз 0 соат то 24 соат мешавад.

Моилии ҷирми мунир бошад, бо градус, дақиқа ва сонияҳои камон чен карда шуда, аз 0 градус то $\pm 90^\circ$ (ишораи манфӣ барои ҷисмҳои мунири ним-



Расми 7. Системаи координатаҳои географӣ.



Расми 8. Системаи координатаҳои географӣ.

кураи ҷанубӣ) андозагирӣ мешавад. Барои тартиб додани ҳаракати ситораҳо айнан ҳамин координатаҳо асос мешаванд.

Боз як координатаи ҷирми мунир дар системаи экваторӣ кунҷи соат (t) номида шуда, нуқтаи буриши экватори осмон бо қисми ҷанубии меридиани осмон (Q) то камони давраи аз ҷирми мунир гузашта, бо давраи экватор бурида мешавад ва нуқтаи K ҳосил мекунад ё ки бо кунҷи марказии $\angle QOK$ чен карда мешавад. \overline{QK} Кунҷи соати ҷирми мунир t ҳам бо соатҳо, дақиқаҳо ва сонияҳо чен карда мешавад (*расми 8 а, б*). Ҳудуди ченкунӣ аз O соат то ± 12 соат (аломати манфӣ – дар ҳолати ба самти чархзании шабонарӯзии осмон муқобил) ё баъзан аз 0 соат то 24 соат мешавад. Кунҷ ё камони бо градусҳо, дақиқаҳо ва сонияҳо гирифташуда аз рӯи *ҷадвали 1* зерин бо воҳидҳои вақт – соатҳо, дақиқаҳо ва сонияҳо (ё баръакс) гузошта мешавад.

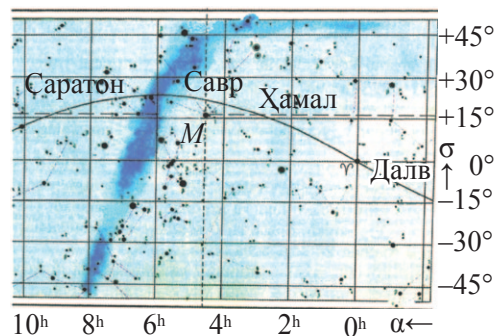
Ҷадвали 1

Бо ченаки камон	360°	15°	1°	$15'$	$1'$	$15''$
Бо ченаки вақт	24^h	1^h	4^m	1^m	4^s	1^s

§ 7. Харитаи ситораҳо

Харитаи ситораҳо ҳам монанди харитаи ҷуғрофӣ бештар дар намуди проекисияи ситораҳо дар ҳамворӣ корбурд мешавад. Яке аз ин навъ харитаҳо *дар расми 9* оварда шудааст.

Дар ин ҷо фарози рости α ва камони моил δ дар намуди тирҳои координатии бо ҳамдигар перпендикуляр акс ёфтаанд. Барои ёфтани координатаҳои ситораи M аз харита аз ин ситора ба хатти экватори осмонро ифодакунанда (тири абсисса) хатти ифодакунандаи камони давраи моил перпендикуляр гузаронида (дар нақша хатти амудӣ), ба нуқтаи буриш бо тири α рост омадани ситораи мазкур аниқ мешавад. Моилии δ -и ситораи M бошад, аз нуқтаи буриши хатти ифодакунандаи камони шабонарӯзии параллеле, ки аз он мегузарад (дар нақша, хатти уфуқӣ)



Расми 9. Харитаи ситораҳо.

бо тири δ (тири дараҷадори тарафи рост) гирифта мешавад. Бо ҳамин роҳ координатаҳои ситораи M ёфта мешавад, яъне $\alpha \approx 4^h 35^m$, $\delta \approx +16^\circ$.

§ 8. Қадри зоҳирии ситораҳо *

Ситораҳо дар кайҳон ҷисмҳои аз ҳама бештар паҳншуда ба ҳисоб мераванд. Аз ҳамин сабаб, омӯзиши табиати физикии онҳо аз масъалаҳои муҳимтарини астрономия ҳисобида мешавад. Барои фарқ кардани равшани зоҳирии ситораҳо (дараҷаи дурахшони онҳо) дар астрономия мафҳуми *қадри ситораӣ* қабул шудааст. Дурахшони зоҳирии ҷисмҳои осмонӣ фақат натиҷаи афканишоти то ба Замин расида буда, он қисми ночизи афканиши умумии ҷисмро ташкил мекунад.

Чуноне маълум аст, шиддатнокии афканиши зоҳирии ҷисмҳои мунир аз рӯйи дараҷаи *равшаноии* ба воситаи гуногун ҳосилшуда (чашм, фотолахва, фотоэлемент ва дигар) аниқ карда мешавад. Дар астрономия дурахшони зоҳирии ҷисмҳои мунир чун дар физика на бо воҳидҳои равшанӣ (луксҳо), балки бо воҳиди нисбие, ки қадри ситораӣ ном дорад, чен мешавад ва бо ҳарфи латинии m ифода карда мешавад.

Ҷоиз аст хотиррасон кунем, ки шкалаи қадри ситораӣ аз рӯйи пайдарҳамии m : ... -5^m , -4^m , -3^m , -2^m , -1^m , 0^m , 1^m , 2^m , 3^m , 4^m , 5^m , ... ифода шуда, он чӣ қадар зиёд шавад, ҳамон қадар шиддатнокии (дурахшони) то ба Замин расида кам мешавад.

Дар қадри ситораӣ ифода кардани дурахшони ситораҳоро ҳанӯз дар асри II то мелод астрономи юнонӣ Гиппарх дар таъя ба қабули нури чашми инсон оғоз кардааст. Аз рӯйи шкалаи \bar{y} , фарқи равшаноии ситораҳое, ки аз ҳамдигар ба 1 қадри ситораӣ фарқ мекунанд, тақрибан 2,5 маротиба аст. Ҳоло қадри ситораӣ дар асоси илмӣ, яъне бо риоя ба қонунҳои психофизиологии ҳассосии чашми инсон аниқ карда мешавад. Барои ин, тафриқаи қадри ситораӣ равшаноиашон 100 маротиба фарқкунанда ба таври шартӣ баробар ба *панҷ қадри ситораӣ* қабул карда шудааст.

Аз сабаби он, ки ин фарқи қадри ситораҳо барои қадри интервали панҷ ситора қабул шудааст, фарқи дурахшони ду ситораи ба қадри як ситора рост меомада ба $\sqrt[5]{100} = 2,512$ баробар мешавад. Агар қадри зоҳирии ин ду ситора ба таври мувофиқ, m_1 ва m_2 , бошанд, равшани ифодакунандаи дурахшони зоҳирии онҳо E_1 ва E_2 бошад, дар ин ҳол $E_1 = 100E_2$ буда

$m_2 - m_1 = 5$ мешавад. Бинобарин, равшаноии ин ду ситора, бо фарқи кадри зоҳирии онҳо ба таври зерин вобаста мешавад:

$$\frac{E_1}{E_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)}$$

Ё ҳар ду тарафи ин баробарино логарифмонида, ба ифодаи зерин соҳиб мешавем:

$$\lg \frac{E_1}{E_2} = (m_2 - m_1) \cdot 0,4$$

Ин ифода *формулаи Погсон* номида мешавад.

Хулоса карда ҳаминро гуфта метавон, ки шкалаи кадри ситораҳо гуфта шкалаи мукоисакунандаи равшаноии ҷисмҳои мунири мушоҳидашавандаро мегӯянд.

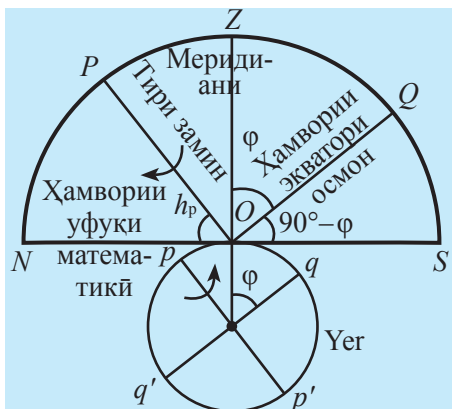
Чашми инсон ситораҳои то 6 баробар бузургидоштаро дида метавонад. Аз ситораҳои равшан кадри ситорагии Насри Вокеъ (ситораи равшантари-ни бурҷи Санҷ) $+0,04^m$, Зуҳра $-4,4^m$ (ҳангоми равшантарин буданаш), Моҳи пурра $-12,5^m$, Офтоб $-26,7^m$ ташкил медиҳад. Телескопҳои ҳозира ситораҳои хираеро дида метавонанд, ки 100 миллион маротиба аз ситораҳои хираи ба чашмамон аён хиратар ҳастанд (кадри ситораиашон $+24^m$, $+25^m$).

Савол ва супоришҳо:

1. Дар харитаи додашудаи ситораҳо хатҳои вертикалӣ кадом камонҳои давраҳои кураи осмонро ифода мекунанд? Хатҳои уфуқӣ чӣ?
2. Дар нақша чӣ тавр чен карда шудани фарози рост (α) ва майли (δ) ҷисмҳои мунирро мувофиқи координатаҳои экватории осмон фаҳмонед.
3. Кунҷи соати ҷисми мунир (t) кадом координата аст ва он чӣ тавр чен карда мешавад?
4. Муносибат байни кадри зоҳирии ҷисмҳои мунир ва дараҷаи равшаноии онҳо чӣ тавр ном бурда мешавад?
5. Формулаи Погсонро навишта фаҳмонед.

МАВЗЌИ 4. § 9. Баландии қутби олам ва муносибати байни арзи географии маҳал

Аз нуқтаи дилхоҳи кураи замин назорат намоем баландии мадори математикии қутби олам h_p , ба арзи географии ин ҷой φ баробар мешавад.



Расми 10. Баландии қутби олам ва муносибати байни арзи географӣ маҳал.

Ин ҳол ба таври зерин исбот мешавад. Расми 10 нишон медиҳад; дарозии камон дар тӯли меридиани осмон аз зенит то ҳамвори экватор – ZQ . Нуқтаи сатҳи Замин, ки мушоҳид истодааст, бо камони арзи географӣ $qO = \varphi$ бо як хел қимат кунҷи марказии ҳамворро ($\angle QOZ$) ташкил мекунад. Камони баландии Қутби оламо тавсифкунанда – NP , ки ба он кунҷи NOP тақя кардааст. Душвор нест бубинем, ки тарафҳои мувофиқи кунҷи рости NOP ва овардашудаи QOZ байни ҳам перпендикуляр мебошанд, яъне $ON \perp OZ$ ва $OP \perp OQ$. Бинобарин, аз баробарии тарафҳои мувофиқи кунҷҳои байни ҳам перпендикуляр буда $\angle NOP = \angle QOZ$ мешавад. Аммо $\angle NOP = h_p$, $\angle QOZ = \varphi$ барои ҳамин: $h_p = \varphi$ мешавад.

§ 10. Дар арзҳои гуногун даврзании зоҳирии шабонарӯзии қураи осмон

Даврзании зоҳирии шабонарӯзии қураи осмон натиҷаи дар атрофи меҳвари худ давр задани Замин буда аз он далолат медиҳад, ки дар арзҳои гуногуни ҷуғрофӣ ҷирмҳои мунири осмон нисбат ба уфуқ гардиши зоҳирии муҳталиф доранд. Дар се хел арзи ҷуғрофӣ давр задани шабонарӯзии зоҳирии ситорахоро меомӯзем. Акнун дар арзҳои гуногун чӣ тавр гузаштани ин ҳодисахоро дида мебароем.

Ҳолати 1. Фарз мекунем, ки мушоҳид дар арзи ҷуғрофӣ $\varphi = 0^\circ$ яъне дар экватор бошад, он гоҳ мувофиқи вобастагии байни арзи ҷуғрофӣ ва баландии қутби олам, қутби олам ба қутби математикӣ болои ҳам меафтанд (чунки $h_p = \varphi = 0$), меҳвари олам аз рӯйи хатги нисфирӯзӣ самт мегирад (расми 11 а).

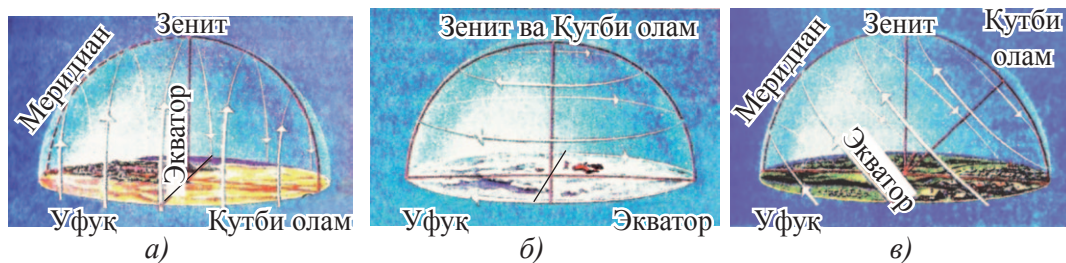
Аз сабаби рост будани ҳамвори экватори осмон ба меҳвари олам, давраи экватор аз нуқтаҳои зенит ва надир мегузарад. Дар ин ҳол роҳи шабонарӯзии ҷирмҳои мунир аз рӯйи параллелҳои шабонарӯзии ба экватор параллел буда самт гирифта, ҳамчунин ба уфуқ рост ҷой мегиранд ва бо \bar{y} ба ду қисми баробар тақсим мешаванд.

Аз ин маълум мегардад, ки барои мушоҳиди дар экваторбуда вақти дар боло ва поёни уфуқ будаи чирмҳои мунир, яъне дар нимкураи шимолӣ ва ҷанубӣ будаи онҳо баробар мешавад. Баландии онҳо аз рӯи ифодаи $h=90^\circ-|\delta|$ ёфта мешавад. Барои мушоҳиди дар экваторбуда ҳамаи чирмҳои мунир мебарояд ва ғуруб мекунад. Агар чирми мунир аз рӯи экватор ҳаракати зоҳирӣ мекарда бошад (яъне $\delta=0$ бошад), вай аз зенит мегузарад.

Барои муайян кардани ҳаракати шабонарӯзии Офтоб ба рӯзи маълум, пеш аз ҳама барои ин рӯз ҷойи Офтобро дар эклиптика муайян намуда, аз нуқтаи ёфташуда ба ҳамвории экватории олам давраи шабонарӯзии параллел гузаронида мешавад. Ҳаракати зоҳирии Офтоб дар рӯзи додашуда айнан аз рӯи ҳамин давра мушоҳида карда мешавад.

Дар баъзе рӯзҳои хос барои мушоҳиди дар экваторбуда ҷӣ тавр гузаштани ҳаракати зоҳирии Офтоб нисбат ба уфуқро дида мебароем. Аз параллели шабонарӯзии 22 декабр аз нуқтаи исти зимистонаи Офтоб гузаронидашуда намоён аст, ки дар ин рӯз Офтоб дар нимкураи ҷанубӣ аз нуқтаи шарқ ба масофаи камонаш ба $23^\circ 26'$ баробар, ба уфуқи математикӣ рост мебарояд. Баландии Офтоб дар меридиан $h=90^\circ-23^\circ 26'=66^\circ 34'$ -ро ташкил медиҳад. Роҳи шабонарӯзии Офтоб дар рӯзҳои 21 март ва 23 сентябр аз рӯи экватор мушоҳида карда мешавад. Дар ин рӯзҳо Офтоб дар нисфирӯзӣ аз зенит мегузарад. Роҳи шабонарӯзии Офтоб дар 22 июн дар нимкураи шимолӣ аз экватори олам дар масофаи $23^\circ 26'$ аз рӯи параллели шабонарӯзӣ мушоҳида карда мешавад. Дар вақти нисфирӯзӣ монанди 22 декабр аз уфуқи математикӣ дар баландии $66^\circ 34'$ мешавад (*расми 12*). Ҳамин тавр, дар экватор ба ҷойи чор фасл асосан ду фасл – хангоми дар мо тирамоҳу баҳор будан – даври гармтарин, хангоми тобистону зимистон бошад, даври мӯътадил, салқин мушоҳида мешавад. Ин ҷо дар давоми сол рӯзу шаб баробар мешавад.

Ҳолати 2. Фарз мекунем, ки мушоҳид дар кутбҳои Замин, яъне $\varphi=\pm 90^\circ$ бошад. Агар мушоҳид дар кутби шимолӣ бошад, баландии кутби шимолӣ олам $h_p=\varphi=90^\circ$ буда, он бо зенит болои ҳам меафтад (*расми 11 б*). Он гоҳ меҳвари олам бо тири амудӣ, экватори олам бошад, бо уфуқи математикӣ болои ҳам меафтад. Дар ин ҳолат ҳамаи чирмҳои мунири нимкураи шимолӣ нисбат ба уфуқи математикӣ параллел давр зада, ғуруб намекунанд. Баландии даврзании онҳо дар давоми сол тағйирнаёбанда буда, ба кунҷи майли ҳамин ҷисмҳои мунир (δ) баробар мешавад. Чирмҳои мунири нимкураи ҷанубии осмон бошад, баръакс, тамоман набаромада, дар зери уфуқ ба он параллел ҳаракат мекунанд.



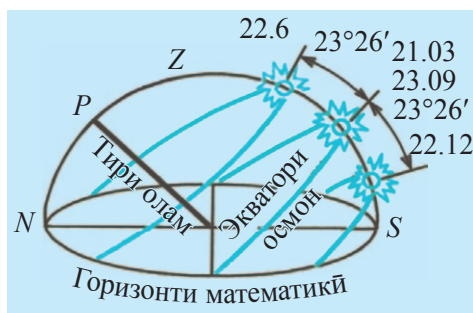
Расми 11. Дар арзҳои гуногун даврзании зоҳирии шабонарӯзии осмони ситоразор:
 а) Дар экватори Замин; б) Дар қутби Замин; в) дар арзҳои миёнаи географӣ.

Ҳаракати шабонарӯзии Офтоб дар қутби Замин ба манзараи ачибе соҳиб мегардад. Ҳар шабонарӯз баромада ғуруб намекунад. Эклиптика дар ин ҷо бо уфуқи математикӣ ба ду қисми баробар ҷудо шуда, Офтоб барои мушоҳиди дар қутб буда рӯзи 21 март мебарояд ва аз рӯйи спирал давр зада, ҳар рӯз қариб чоряк градус боло меравад. Дар 22 июн баландии Офтоб ба максимум, яъне ба $h_0 = \delta_0 = 23^\circ 26'$ мерасад. Баъд аз ин Офтоб ғуруб накарда, ҳар рӯз баландиашро паст намуда, ниҳоят рӯзи 23 сентябр ғуруб мекунад ва то 21 март соли дигар намебарояд. Агар мушоҳид дар қутби ҷанубӣ бошад, Офтоб то 6 моҳ – аз 21 март то 23 сентябр намебарояд (расми 12).

Ҳолати 3. Фарз мекунем, ки мушоҳид дар экватори Замин $0 < \varphi < 90^\circ$ ва дигар нуқтаҳо (арзи миёна) воқеъ гашта бошад (расми 11 в). Дар ин ҷойҳо давраҳои параллели шабонарӯзӣ бо уфуқи математикӣ бурида намешаванд ё бурида шуда, ба ду қисми баробар тақсим нашуданашон мумкин аст. Экватори осмон аз ин мустасно мебошад. Ҷирмҳои мунирӣ дар нимкураи шимолӣ ҳаракат карда истода давраҳои параллели шабонарӯзӣ мекашанд. Қисми уфуқи шимолӣ он аз қисми ҷанубиаш калон мешавад. Ин фарқ ба кунҷи моили ҷирми мунир δ вобаста буда, вай чӣ қадар калон бошад, фарқ ҳам хамин қадар зиёд мешавад.

Ҷисмҳои мунири дар нимкураи ҷанубӣ воқеъгашта дар зер давраҳои шабонарӯзӣ худро мекашанд, ки он аз қисми болоиаш калон мебошад. Дигар ҳел карда гӯем, ҷирмҳои мунир дар зери уфуқ назар ба болои он бисёр вақт мешаванд. Ҳамчунин дар ин ҷойҳо, яъне дар нимкураҳои шимолӣ ва ҷанубӣ ҷирмҳои мунире мавҷуд аст, ки роҳи шабонарӯзӣ онҳо бо уфуқи математикӣ бурида намешавад ва онҳо мувофиқан дар давоми ҳаракати шабонарӯзӣ ғуруб намекунанд ё баръакс намебароянд. Майдони калон ё хур-

ди осмонро ишғол кардани онҳо, ба чойи ишғолкардаи арзи чуғрофии мушоҳид вобаста аст. Ба расм нигоҳ карда ба чирмҳои мунири набароянда ва ғурубнакунанда ва барои моилии онҳо муносибати зеринро ҳосил кардан мумкин аст: $\delta > 90^\circ - \varphi$ – барои чирмҳои мунири ғурубнакунандаи нимкураи шимолӣ $|\delta| > 90^\circ - \varphi$ – барои чирмҳои мунири набарояндаи нимкураи ҷанубӣ. Роҳи шабонарӯзии Офтоб дар ин арзҳо ҳангоми вай дар нимкураи шимолӣ будан (яъне аз 21 март то 23 сентябр) рӯз аз шаб дароз, ҳангоми дар нимкураи ҷанубӣ будан (яъне аз 23 сентябр то 21 март) соли дигар) шаб аз рӯз дароз буданаш мушоҳида карда мешавад. Агар арзи чуғрофии ҷой аз давраи қутб, дар тарафи шимол (яъне аз $66^\circ 34'$ калон) бошад, дар ин ҳел ҷойҳо якчанд рӯзи ба 22 июн наздик ё якчанд моҳ ($\varphi > 70^\circ$ бошад) Офтоб ғуруб намекунад, аммо дар рӯзҳои ба 22 декабр наздик набаромаданаш мумкин аст (расми 12).

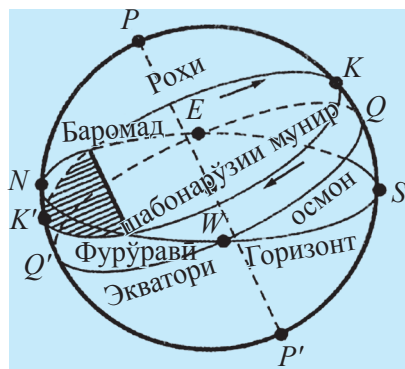


Расми 12. Дар давоми сол.

§ 11. Кулминатсияи (қиёми) чирмҳои мунир ва баландии кулминатсия

Чирми мунир ҳангоми ҳаракати зоҳирии шабонарӯзӣ меридиани осмонро бурида мегузарад. Ин ҳодисаро кулминатсияи (қиёми) ҷисмҳои мунир меноманд. Чирми мунири ихтиёрӣ ба туфайли ин гуна ҳаракат ҳар шабонарӯз меридиани осмонро ду маротиба бурида мегузарад, бинобарин ду маротиба дар кулминатсия мешавад. Аз ин ду кулминатсия ба зенит наздикаш *кулминатсияи болоӣ (K)*, дуҷумаш бошад, *кулминатсияи поёнӣ (K')* номида мешавад (расми 13).

Дар вақти кулминатсия баландии чирми мунир ба арзи чуғрофии он (φ) ва майли он (δ) вобаста буданашро бо мушоҳидаҳо муайян кардан осон аст.



Расми 13. Ҳодисаи кулминатсияи ҷисмҳои мунир.

Баландии чирми мунир K дар кулминатсияи болой бо бузургии SK чен карда шуда, вай $h_{ч.м} = \overline{SK} = \overline{SQ} + \overline{QK}$ мешавад. \overline{SQ} – моилии экватори осмон ба моилии ҳамвориюи уфуқ баробар буда, вай бо ифодаи $\overline{SQ} = 90^\circ - \varphi$ ҳисоб карда шуда, камони QK чирми мунир (δ) аз муодилаи $h_{ч.м} = 90^\circ - \varphi + \delta$ ёфта мешавад. Кулминатсияи поёнии чирми мунир ҳам бо ҳамин роҳ аз рӯйи муодилаи $h_{п} = \varphi + \delta - 90^\circ$ осон ёфта мешавад. Ҳолати кулминатсияи болоии Офтоб нисфирӯз номида шуда, ҳолати кулминатсияи поёнии он ба нимашаб рост меояд.

§ 12. Дар асоси мушоҳидаҳои астрономӣ аниқ кардани арзи тахминии маҳал **

Усули 1. Ситораи кутб (ситораи равшантарини бурчи Дуби Асғар – алфааш) дар масофаи камонии хурдтар аз 1° нисбат ба кутби олам ҷойгир шудааст. Чуноне пештар аниқ кардаем, арзи географии ҷойи маълум φ , ба баландии кутби олам аз уфуқ (h_p) баробар мешавад, яъне $\varphi = h_p$. Бинобарин, баландии кутби олам дар Тошканд тахминан ба $41^\circ 20'$ баробар буда, арзи географии Тошканд ба $41^\circ 20'$ баробар мешавад гуфта хулоса кардан мумкин аст.

Дигар хел карда гӯем, дар нуқтаи дилхоҳи Замин истода барои тахминан аниқ кардани арзи географии ин ҷой чен намудани баландии кутби Олам аз уфуқ кифоя аст.

Усули 2. Дар нуқтаи муайяни аҳолинишин баландии Офтобро h_o ҳангоми нисфирӯзӣ бевосита чен намуда, мувофиқи майли Офтоб айнан барои ҳамин рӯз δ_o -арзи географии ин маҳалро ба таври зерин ёфтан мумкин аст:

$$h_o = 90^\circ - \varphi + \delta_o, \text{ аз ин ҷо } \varphi = 90^\circ - h_o + \delta_o \text{ баробар мешавад.}$$

Савол ва супоришҳо:

1. Дар байни баландии кутби олам ва арзи географии маҳал чӣ гуна вобастагӣ ҳаст?
2. Ҳангоми дар нуқтаи дилхоҳи Замин будани мушоҳид гардиши зоҳирии шабонарӯзии осмони ситоразор дар нисбати уфуқ чӣ гуна шуданашро фаҳмонед. Дар экватор бошад-чӣ?
3. Дар арзҳои гуногун гардиши зоҳирии шабонарӯзии Офтоб чӣ тавр амалӣ мешавад?
4. Кадом усулҳои оддӣ тахминан аниқгардонии арзи ҷойи мушоҳид истода мавҷуд аст?

5. Дар Тирмиз ($\varphi=35^\circ$) кутби шимолии олам ба кадом баландӣ соҳиб мешавад?
6. Кадом ҳодисаро қулминатсияи ҷисмҳои мунир мегӯянд ва он чанд намуд мешавад?
7. Қулминатсияи ҷирмҳои мунир тавассути майли он ва арзи мушоҳид чӣ тавр ифода мешавад?

МАВЗҶИ 5. § 13. Асосҳои ҷен кардани вақт *

Одамон аз замонҳои қадим ба ҷен кардани вақт эҳтиёҷ доштанд. Дар рӯзҳои офтобӣ сояи ҷисмҳои ихтиёрӣ дар вақтҳои гуногун ҳар хел буда, дарозии онҳо тағйир меёбад. Аз ин хусусиятҳои соя одамон барои муайян кардани вақт истифода мебаранд. Дар *расми 14* яке аз ҳамин хел соатҳое, ки дар замони қадим аз он ҳиндуҳо истифода бурдаанд, тасвир ёфтааст. Бо гузаштани вақт одамон тарзҳои сахт ҷен кардани вақтро ёфтанд. Дар байни инҳо аз ҳама муносиб вақти дар атрофи меҳвари ҳудаш давр задани Замин буда, одамон то ҳол аз он истифода мебаранд.

Вақти дар атрофи ягон ситораи осмон пурра давр задани Замин шабонарӯзи ситорагӣ номида мешавад. Лекин дар ҳаёт мо бо вақти тулӯ ва ғуруби офтоб, яъне шабонарӯзи Офтоб кордор мешавем.

Аз ин боис барои ҷен кардани вақт, вақти пурра ҷарҳзании Замин дар атрофи меҳвари ҳудаш нисбат ба Офтоб-шабонарӯзи Офтобро ба сифати асос қабул мекунем. Шабонарӯзи Офтоб гуфта вақти барои ду бор пайиҳам аз қулминатсияи болоӣ гузаштани (ба гуфти дигар, нисфирӯзӣ) Офтобро мегӯянд.

Вақти офтобӣ гуфта, дар қисмҳои шабонарӯзи Офтоб ифода шудани вақтеро мегӯянд, ки дар ҳаракати шабонарӯзии Офтоб аз қулминатсияи поёни рафта то нуқтаи маълуми осмон расидааст.

Ҷосилаи ин вақт аслан доимо як хел набуда, каме тағйир меёбад. Сабаби ин номунтазам будани ҳаракати зоҳирии Офтоб аз рӯйи эклиптика мебошад. Аз ин боис, ба сифати



Расми 14. Соати офтобие, ки дар қадим ҳиндуҳо истифода бурдаанд.

дарозии шабонарӯз, қимати миёнаи шабонарӯзи офтобӣ, яъне 24 соат қабул карда шудааст.

Барои муайян кардани вақти аниқ ва санҷидани соатҳо вақти кулминатсияи Офтобро (вақти нисфирӯзиро) ишора кардан муҳим мебошад. Лекин қутри Офтоб дар таҳти кунҷи калон ($\sim 30^\circ$) намоён буда, вақти дар кулминатсия будан маркази онро ишора кардан душвор аст. Барои ҳамин астрономҳо ба ҷойи кулминатсияи Офтоб кулминатсияи яке аз ситораҳои ихтиёриро ишора намуда, дар асоси ин вақти кулминатсияи Офтобро меёбанд.

Барои ин фарқи кулминатсияҳои ситораи ихтиёрӣ ва Офтоб аз тарафи астрономҳо пешакӣ ҳисоб карда шуда, дар намуди ҷадвал дода мешавад. Дар асоси ин ҷадвал ягон ситора дар кулминатсия бошад, аз рӯйи он вақти кулминатсияи Офтоб (вақти нисфирӯзӣ) муайян карда мешавад. Баъд ба ин маълумот таъяқ карда, вақти офтобӣ осон ёфта мешавад.

Донишмандони вақти маҳаллии аниқ барои маҳалҳои маълум, барои муайян кардани арзи ҷуғрофӣ ин маҳал ҳам зарур аст.

Дарозии маҳалҳои гуногуни тӯли λ_1 ва λ_2 дошта ва вақти маҳалли T_1 ва T_2 бошад, дар байни онҳо вобастагии зерин ҷой дорад:

$$\lambda_1 - \lambda_2 = T_1 - T_2.$$

Вақти умумичаҳонӣ. Вақти миёнаи офтобиро, ки дар меридиани Гринвич (меридиани сифрӣ) муайян карда шудааст, вақти умумичаҳонӣ (T_0) меноманд (*расми 15*). Вақти маҳаллии нуқтаи ихтиёрӣ λ ва дорои арзи ихтиёрӣ дарозии T_λ бо вақти умумичаҳонӣ бо тарзи зерин ёфта мешавад (чунки $\lambda_0 = 0$):

$$T_\lambda = T_0 + \lambda.$$



Расми 15. Ҳисоби вақт аз вақти меридиани Гринвич сар мешавад.

Вақти минтақавӣ. Дар қураи Замин меридиани беҳад зиёд гузаронидан мумкин буда, вақти маҳаллии ба он вобаста ҳам беҳад зиёд мешавад. Барои ҳамин дар амал аз вақти маҳаллӣ истифода бурда намешавад. Аз ин боис, мувофиқи шартномаи байналхалқӣ қураи Замин ба 24-то минтақа тақсим карда шудааст (*расми 16*). Ба ҳар як минтақа вақти муайян ишора карда мешавад. Онҳо ба

ҳисоби миёна бо дарозии 15° бо меридианҳо маҳдуд буда, аз 0 то 23 (0, 1, 2, 23) рақамгузорӣ шудаанд. Дар сарҳади ҳар як минтақа якто меридианро чун *меридиани асосӣ* интихоб мекунанд. Тӯли меридианҳои асосӣ (λ_{ac}) ба таври мувофиқ $0^h, 1^h, 2^h, 3^h, 4^h, \dots, 23^h$ қарда қабул шудааст. Ин ҷо меридиани тӯлаш 0° буда аз миёни минтақаи 0, меридиани тӯлаш 1^h буда аз миёни минтақаи 1 гузаранда қарда гирифта мешавад.

Ин ҷо ба унвони вақти минтақаи дилхоҳи рақамаш N вақти маҳаллии меридиани асосии аз миёни ҳамин минтақа гузашта гирифта мешавад.

Дар байни вақтҳои маҳаллии ҷойи тӯлаш λ_{mx} ва вақти минтақаи он ҷойгирифта вобастагии зерин мавҷуд аст:

$$\lambda_{mx} - \lambda_{ac} = T_{mx} - T_{mn},$$

Зеро λ_{ac} – тӯли меридиани асосии ҳамин минтақа, T_{mn} – вақти он, T_{mx} бошад, вақти маҳаллии меридиани ба ҳамин тӯл λ_{mx} мансубро ифода мекунад.

Дар асл, ба сабаби $\lambda_{ac} = N^h$ буданаш, ин ифода бештар дар шакли $\lambda_{mx} - N^h = T_{mx} - T_{mn}$ навишта мешавад. Аз ҳамин боис, дар сурати дода шудани вақти минтақавӣ (T_{mn}), ёфтани вақти маҳаллӣ (T_{mx}) ё баръакс, вақти минтақа бо ёрии баробарҳои зерин ба амал бароварда мешавад:

$$T_{mn} = T_{mx} - \lambda_{mx} + N^h \quad \text{ё} \quad T_{mx} = T_{mn} - N^h + \lambda_{mx}.$$

§ 14. Тақвимҳо

Тақвими офтобӣ (шамсӣ). Бо ченакҳои вақт (шабонарӯз, ҳафта, моҳ ва солҳо) ифода кардани фосилаҳои калони вақтро *тақвим* меноманд. Тартиб додани тақвим ба даври ивазшавии фазаҳои Моҳ ё даври ивазшавии фаслҳои сол (соли тропикӣ) асос қарда мешавад. Тақвимҳое, ки ба он даври ивазшавии фазаҳои моҳ (29,53 шабонарӯз) қабул қарда мешавад, *тақвими моҳтобӣ*



Расми 16. Минтақаҳои кураи Замин.

(қамарӣ) ва ба сифати асос даври ивазшавии фаслҳои сол қабул карда шавад, тақвими офтобӣ (*шамсӣ*) меноманд.

Тақвими офтобӣ дар Мисри Қадим тақрибан 3000 сол пеш аз мелод ба вучуд омадааст. Дар он давра, даври ивазшавии фаслҳои сол 360 рӯз ва 12 моҳ 30 рӯзӣ қабул карда шудааст. Баъдтар, дарозии сол 365 рӯз, ҳамаи моҳҳо 30 рӯзӣ ва моҳи 12-ӯм 35 рӯз қабул шудааст. Ниҳоят, дар асри III пеш аз мелод астрономҳои Миср дарозии солро ба 365,25 рӯз баробар шумориданд. Баъд аз ин дар асри I пеш аз мелод саркардаи Рим Юлий Сезар солро ба 365,25 рӯз баробар шуморида, дар амал чорӣ намуд. Баъдтар ин тақвимо ба шарафи он тақвими юлианӣ меномидагӣ шуданд. Мувофиқи ин тақвим 3 соли пайдарпай оянда 365 рӯз буда, соли чорум 366 рӯз қабул карда мешавад. Чунки дар чор сол 0,25 рӯзи боқимонда ба 1 рӯз баробар мешавад. Ба муоҳида омаданд, ки ин рӯз ба моҳи феврал (яъне онро 29 рӯза) дода шавад.

Аммо баъди гузаштани садсолаҳо дар тӯли соли ин тақвим ҳам мавҷуд будани хато маълум шуд. Барои ислоҳ кардани он моҳи феврари соли 1582 папаи Рим Григорий XIII ислоҳот қабул намуда, қимати аниқтар гирифташудаи тӯли солро (365,242 рӯз) барои тақвими нави офтобӣ асос карда гирифт. Ин тақвими ислоҳшуда ба шарафи папаи Рим *тақвими григорианӣ* ном гирифт. Дар айни ҳол тақвими, ки мо аз рӯи он кор мекунем, тақвими григорианӣ буда, вай аз рӯзи таваллуди афсонавии Исо пайғамбар сар шудааст.

Аз 12 моҳи ин тақвим шаштоаш ба номи худоҳои афсонавии римиҳо (Янус, Фебруус, Афродита, Марс, Мая, Юнона), моҳҳои июл ва август ба номи императорҳои Рим Юлий Сезар ва Август, моҳҳои боқимонда бошад, бо номи рақамҳои тартибӣ (сентябр – ҳафтум, октябр – ҳаштум, ноябр – нухум, декабр – даҳум) номида шуд, чунки дар қадим соли нав 1-уми март мебаромад. Номи моҳи апрел аз калимаи «апреліе» – «оғозшавӣ» («эхё») гирифта шуда, баҳорон аз бедоршавии табиат дарак медиҳад. Мувофиқи ин тақвим сари сол моҳи март буда, сонитар ба моҳи январ кӯчонида шудааст. Дар замонҳои қадим дар Россия соли навро ду маротиба -1 март ва 1 сентябр ҷашн мегирифтанд. Соли 1342 митрополити (ҳокими) Москва дар бораи минбаъд рӯзи 1 сентябр ҷашн гирифтани соли нав фармон дод.

Дар охири асри XVII подшоҳи Россия Пётри I фармон дод, ки минбаъд аз соли 1700 сар карда, аввали сол ба 1 январ кӯчонида шавад. Аз ҳамин вақт сар карда, мувофиқи ин тақвим соли навро 1 январ ҷашн мегирифтагӣ шуданд.

Савол ва супоришҳо:

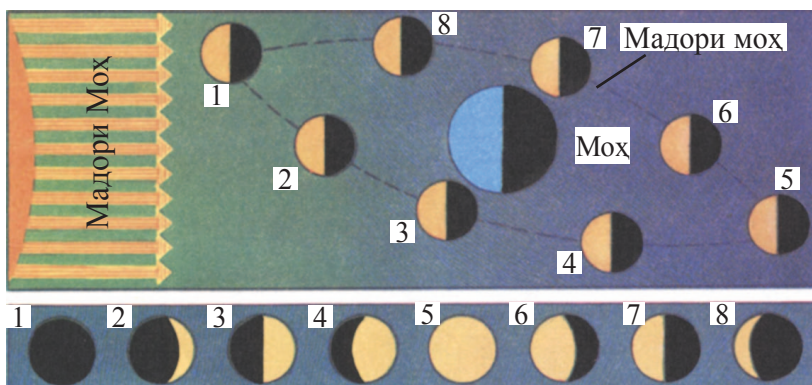
1. Барои аниқ кардани вақт даври кадом чирми осмонӣ ба сифати асос қабул карда мешавад?
2. Шабонарӯзи ситораҳо ва Офтоб чӣ тавр ёфта мешавад? Оё онҳо баробаранд?
3. Вақти маҳаллӣ ва вақти умумичаҳонӣ гуфта кадом вақтро мегӯянд?
4. Вақти минтақавӣ чӣ тавр ёфта мешавад? Дар байни ин вақтҳо чӣ гуна вобастагӣ ҳаст?
5. Барои тартиб додани тақвим даврҳои кадом чирмҳои осмонӣ асос карда гирифта мешавад?
6. Тақвими ба даври синодии Моҳ асосёфта (даври бозгашти фазаҳои Моҳ) чӣ гуна тақвим мебошад? Агар соли тропикӣ асос карда гирифта бошад-чӣ?
7. Дар бораи тақвимҳои юлианӣ ва григорианӣ чӣҳо медонед?

МАВЗҶИ 6. § 15. Ҳаракат, фаза ва даврҳои Моҳ

Моҳ радифи табиии Замин буда, дар атрофи он бо даври сидерии 27,32 шабонарӯз чарх мезанад. Ин давр *даври сидерӣ* ё *даври ситорагӣ* номида мешавад. Самти даврзании Моҳ дар атрофи Замин ба чархзании ситораҳо дар атрофи Замин муқобил буда, вай аз ғарб ба шарқ (яъне бо самти чархзании Замин дар атрофи меҳвари худаш самти якхела дорад) ҳаракат мекунад. Суръати ҳаракати Моҳ аз рӯйи мадораш 1 километр дар як сонияро ташкил намуда, нисбат ба ситораҳо ҳар шабонарӯз тақрибан 13° ҷой иваз мекунад.

Ҳамвории мадори Моҳ бо ҳамвории чархзании Замин дар атрофи Офтоб (эклиптика) кунҷи $5^\circ 9'$ -ро ташкил мекунад. Ачибаш ин аст, ки Моҳ дар атрофи тири худаш ва дар атрофи Замин як хел – бо даври 27,32 шабонарӯз чарх мезанад. Аз баробарии даври чархзании Моҳ дар атрофи тири худ ва дар атрофи Замин, ба Моҳ аз Замин нигоҳ кунем, ҳамеша бо як тарафаш менамояд.

Маълум аст, ки Моҳ дар атрофи Замин давр зада, ба туфайли инъикос кардани нурҳои Офтоб ба мо менамояд. Ин намоёншавӣ вобаста ба ҷойгиршавии Моҳ нисбат ба Офтоб ҳар хел мешавад. Аз Замин нигоҳ кунем, дар шаклҳои гуногун (Моҳи нав, Моҳи пурра, нимаи Моҳ) менамояд ва ин ҳолатҳо фазаҳои Моҳ меноманд. Баъди ғуруби Офтоб, дар тарафи ғарб ба



Расми 17. Ивазшавии фазаҳои Моҳ (1. Моҳи нави астрономӣ. 3. Фазаи чоряки аввал. 5. Моҳи пурра. 7. Фазаи чоряки охир.)

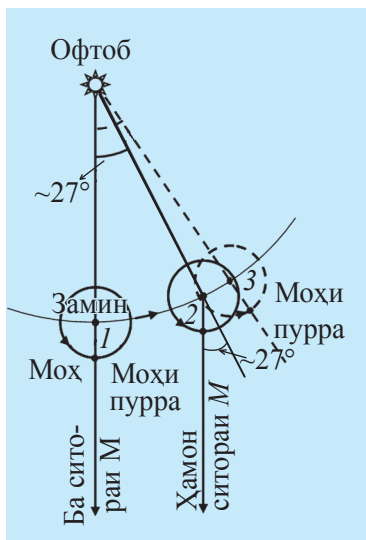
шакли дос пайдо шудани Моҳро дар забони халқ *моҳи нав* (*ё ҳилол*) меноманд. Ин хел Моҳ одатан баъд аз моҳи нави астрономӣ, рӯзи дуҷум меномояд.

Дар ин ҳолат қисми бо Офтоб равшаншудаи Моҳ хира ва ба назар хокистарранг меномояд. Ин қисми Моҳ, ки хира меномояд, ба туфайли нурҳои аз Замин инъикосгардидаи Офтоб зоҳир мешавад.

Ба мавқеи Моҳ дар нисбати Замин ва Офтоб вобаста будани фазаҳои Моҳ дар *расми 17* оварда шудааст.

Фосилаи вақти байни ду фазаи пайдарпайи (масалан, фазаи Моҳи пурра) Моҳ 29,53 шабонарӯзро ташкил медиҳад ва онро даври синодии Моҳ меноманд.

Дар *расми 18* чӣ тавр калон шудани даври синодии Моҳ аз даври сидериаши фаҳмонида шудааст. Дар атрофи Замин давр зада, ба ҳолати 1 афтида, дар назди *ситораи M* ба фазаи моҳи пурра расидани Моҳ нишон дода шудааст. Баъди 27,32 рӯз, яъне баъди дар атрофи Замин пурра давр задани Моҳ, он ба ҳолати 2 гузашта, боз ба рӯбарӯи *ситораи M* меафтад, аммо ҳоло то ба фазаи Моҳи пурра намерасад. Агар ба ҳисоб



Расми 18. Фаҳмонидани даври сидерӣ ва синодии даври атрофи Замин давр задани Моҳ.

гирем, ки сар-сари мадори Замин ҳар рӯз ба як градус мелағжад, дар ин давр он аз ҳолати 1 то ҳолати 2 тахминан ба 27 градус лағжиданаши маълум мешавад (*ба расми 18 нигаред*). Бинобарин, дар ҳолати 2 аз он дар самти тарафи ситораи *M* ва самти Офтоб ҳосил шудани айнан ҳамин гуна кунҷро фаҳмидан душвор нест.

Дар ин ҳол бо назардошти он, ки Моҳ хангоми дар мадори худ давр заданаши рӯзе тахминан ба 13 градус мелағжад, барои гузаштани камони 27 градусӣ бештар аз 2 рӯз вақт лозим мешавад.

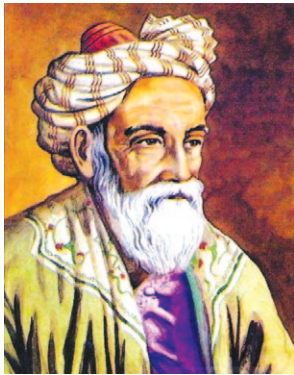
Дар натиҷа барои аз фазаи пурра рафта то ба фазаи пурра боз омадани Моҳ (*дар расми 18 ҳолати 3*) зиёда аз 29 шабонарӯз талаб шуданаши ошкор мешавад. Ин давр бо мафҳуми ҷунунӣ *даври синодӣ* Моҳ номида шуда, агар аниқ ҳисобида шавад, ба 29,53 шабонарӯз баробар мешавад.

§ 16. Тақвимҳои ҳиҷрии қамарӣ ва шамсии мусулмонҳо *

Тақвими ҳиҷрии қамарӣ. Моҳи синодӣ ба 29,53 шабонарӯз, даври ивазшавии фаслҳои сол – соли тропикӣ ба 365,2422 шабонарӯз баробар буда, ба шабонарӯзи яклухт ифода нашудани онҳо сохтани тақвимиро мушкил мегардонад. Зеро моҳу соли тақвим дар амал дар шабонарӯзҳои яклухт ифода шуданро талаб мекунад.

Тақвими якуми Моҳ 2500 сол пеш аз мелод дар Бобулистони қадим пайдо шудааст. Ҳафтаи аз ҳафт рӯз иборат ҳам, дар ҳамон давра бо дарназардошти дар партави ситораҳо ҳаракат кардани ҳафт ҷисми осмонӣ (Офтоб, Моҳ ва 5 сайёра) ба ҳисоб гирифта ҷорӣ карда шудааст. Ин ҷисмҳои осмонӣ ба ҳудоҳо вобаста карда шуда, ҳар як рӯзи он ба ӯ бахшида шудааст. Баъдтар *тақвими мусулмонон-тақвими қамарӣ* ба вучуд омад. Ин тақвим бештар дар мамлакатҳои Осиё ба қор бурда шуда, вай аз 354 рӯз иборат аст ва ба 12 моҳ тақсим карда шудааст. Дар он моҳҳо аз 29 то 30 рӯз иваз шуда ба ҳисоби миёна, вобаста ба даври ивазшавии фазаҳои Моҳ ба 29,5 рӯз баробар мешавад. Моҳҳои ин тақвим бо намоён шудани моҳи нав (ҳилол) дар осмон сар мешавад. Барои ба фазаҳои Моҳ мувофиқ омадани моҳҳои тақвим, дар тақвими мусулмонӣ тахминан дар ҳар 3 сол, сол ба 355 рӯз баробар мешавад.

Дарозии сол аз рӯйи ин тақвим аз соли, ки мо аз он истифода мебарем (соли мелодӣ) ба ҳисоби миёна, 11-рӯз кӯтоҳ буда, ҳар сол соли нави он



Расми 19.
Умари Хайём

11 рӯз пеш меояд ва дар натиҷа дар 33 сол 1 сол пеш меравад. Дигар хел гӯем, аз рӯйи тақвими Моҳ 34 сол мегузарад. Вақти оғози ин тақвим аз соли ҳиҷрати Муҳаммад пайғамбар аз Макка ба Мадина сар шуда, ба 16 июли соли 622-юми тақвими мелодӣ рост меояд. Ин тақвими мусулмони ҳиҷрӣ, пурра карда гӯем, *моҳи ҳиҷрӣ*, *қамариш ҳиҷрӣ* номида мешавад (ҳиҷратун – калимаи арабӣ, маънои кӯчида гузаштанро мефаҳмонад). Моҳҳои ин тақвим мувофиқан номҳои зеринро гирифтаанд: *Муҳаррам*, *Сафар*, *Рабеъ-ул-аввал*, *Рабеъ-ус-сонӣ*, *Ҷумоди-ул-аввал*, *Ҷумоди-ус-сонӣ*, *Раҷаб*, *Шаъбон*, *Рамазон*, *Шаввол*, *Зулқайда* ва *Зулҳиҷҷа*. Мувофиқи ин тақвим рӯзи

1-уми муҳаррами соли нави 1440-ум ба 11-сентябри соли 2018 баробар аст.

Тақвими ҳиҷрии шамсӣ. Тақвими ҳиҷрии шамсӣ-қамари Умари Хайём. Шоири намоёни асри XI Умари Хайём (1048–1131) дар Нишопур (Хуросон) зиндагӣ карда, дар соҳаҳои математика, астрономия эҷод карда, (*расми 19*) соли 1070 аз тарафи султони салҷуқӣ Маликшоҳ ва вазири ӯ Низомулмулк ба сарой тақлиф мешавад. Дар асоси илтимоси вай шоҳ барои Хайём ва шогирдони ӯ соли 1076 дар Исфохон (Эрон) расадхона сохт. То вафоти Маликшоҳ (1092) Хайём дар ин расадхона кор кард ва дар натиҷаи мушоҳидаҳо координатаҳои зиёда аз сад ситораи равшан, Моҳ, Офтоб ва ҳаракати сайёраҳо ба ҳисоб гирифта, чадвали «зич»-ро тартиб дод. Ин рисолаи астрономӣ баъдтар бо номи «Зичи Маликшоҳ» дар таърихи астрономия ҷаҳон ҷой гирифт.

Абӯрайҳон Берунӣ дар асари худ «Ёддоштҳо дар бораи авлоди гузашта» дар тақвими Эрони қадим 365 рӯз будани давомнокии сол, моҳи аввал 30 рӯз ва моҳи 12-ум 35 рӯз буданаширо маълум мекунад. Сари соли ин тақвим бо таодули ҳарсола (21-март) рост меояд.

Давомнокии соли тропикӣ аслан 365 рӯз набуда, аз вай 6 соат дарозтар аст. Бо гузашти солҳо мувофиқи ин тақвим аввали сол лағзиш пайдо (дар ҳар чор сол тақрибан 1 рӯз) мекунад. Барои тақвими аз ин хатой ҳалос кардан, Маликшоҳ барои астроном ва математикҳо маҷлис даъват намуда, ба он роҳбарӣ намуданро ба Хайём месупорад. Вазифаи аввалини маҷлис аз

он иборат буд, ки ибтидои сол дар тақвимҳо (Наврӯз) аз эътидоли баҳорона накуҷад.

Барои ин, маҷлис соли кабисаи аз 366 рӯз иборатро чорӣ намуд ва тартиби фаро расидани онро бо муғойрат аз тақвими юлианӣ пешниҳод кард. Баъдтар ин тақвим *тақвими Умари Хайём* номида шуд. Дар ин тақвим соли кабиса дар 33 сол 8 маротиба омада (дар тақвими римӣ дар 32 сол) 7- тои дар ҳар соли чорум, ҳаштумаш бошад, соли 5-ум меомадагӣ карда қабул шуд. Дигар хел карда гӯем, дар ин даври 33 сола солҳои 4-, 8-, 12-, 16-, 20-, 24-, 28- ва 33-юмро солҳои кабиса шуморида, 366 рӯзӣ карданд, 25 соли боқимонда 365 рӯзӣ буд.

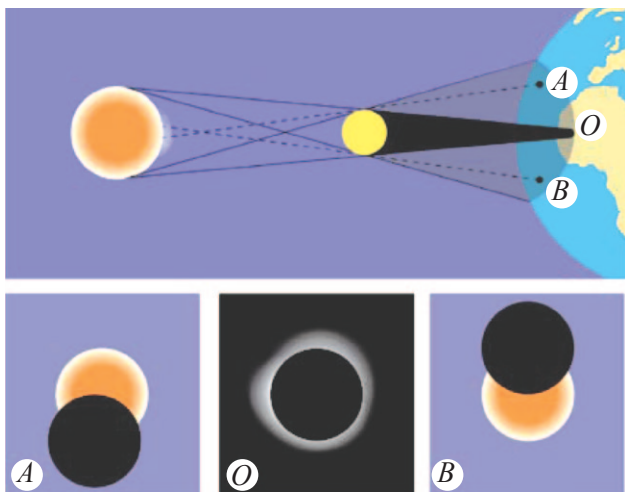
Дар тақвими Умари Хайём дарозии миёнаи сол ба $365 \frac{8}{33} = 365,24242$ баробар буда, аз дарозии ҳақиқии соли тропикӣ (365,24220 рӯз) фақат ба 0,00022 шабонарӯз, яъне 19,5 сония дароз буду халос. Ин чунон хатои чузъие буд, ки чамъ шуда, фақат баъди 4500 сол ба як шабонарӯз баробар мешавад. Барои ба рӯз расидани хатои тақвими григориане, ки мо истифода мебарем, 3300 сол (яъне 1200 сол камтар аз тақвими Умари Хайём) лозим мешавад. Ин тақвими Умари Хайём айни ҳол асоси тақвими Ҷалолӣ (тахаллуси Маликшоҳ) дар Эрон мустаъмал бударо ташкил медиҳад.

Сароғози ин тақвим низ баъдан чун сароғози тақвими *ҳичрӣ-қамариӣ* муслмонон ба 16 июли соли 622 кӯчонида шуда, номи тақвими *ҳичрӣи шамсиро* гирифт. Моҳҳои ин тақвим бо номи бурҷҳои ситораҳое, ки дар давоми соли ҳаракати зоҳирии Офтоб бурида мегузаранд, яъне *Ҳамал, Савр, Ҷавзо, Саратон, Асад, Сунбула, Мизон, Ақраб, Қавс, Ҷадӣ, Далъ, Ҳут* номида шудаанд. Соли нави 1397 аз рӯи тақвими ҳичрӣи шамсӣ 21 март соли 2018 даромад.

§ 17. Гирифтӣ Офтоб ва Моҳ

1. *Гирифтӣ Офтоб (қусуф)*. Моҳ дар атрофи Замин давр зада баъзан Офтобро аз мо панаҳ мекунад (*расми 20*). Ин ҳолатро гирифтӣ Офтоб меноманд. Ин ҳодиса ҳамеша дар вазъияти моҳи нав рӯй медиҳад.

Дар ин ҳол сояи Моҳе, ки бо Офтоб равшан карда мешавад, ба болои Замин меафтад. Агар мушоҳиди дар Замин буда дар дохили сояи Моҳ (0) монанд, вай дар вақти кӯтоҳ (якчанд дақиқа) Офтобро тамоман намебинад, яъне барои ӯ Офтоб пурра гирифта мешавад. Агар мушоҳиди Замин дар даруни нимсояи Моҳ (дар нуқтаи А ё В) бошад, вай Офтобро дар ҳолати як қисмаш



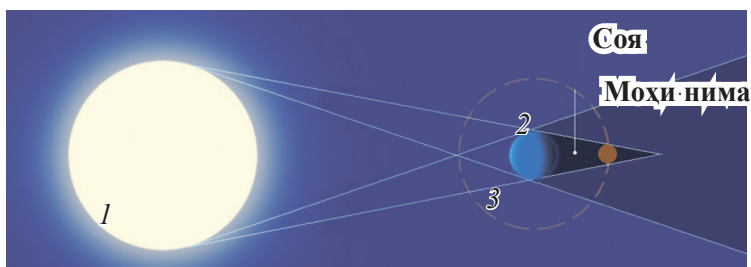
Расми 20. Ҳодисаи гирифти Офтоб (дар расмҳои поёни зоҳиршавии гирифти Офтоб дар нуқтаҳои А, О, В сатҳи Замин А, О, В).

панаҳшуда мебинад, яъне Офтоб қисман гирифташуда мебошад. Баъзан гирифти Офтоб ҳалқашакл мешавад.

2. *Гирифти Моҳ (хусуф)*. Моҳ дар атрофи Замин давр зада, баъзан аз сояи Замин мегузарад. Ин ҳодисаро *гирифти Моҳ* меноманд (расми 21). Агар дар ин Моҳ аз даруни сояи Замин гузарад, гирифти пурра, рафту вай аз даруни нимсоя гузарад, онро гирифти нимсоя меноманд. Гирифти Моҳ ҳамеша дар фазаи моҳи пурра ба амал мепазирад.

Дар ҷойи маълуми Замин аз гирифти Офтоб дида, гирифти Моҳ бештар мушоҳида мешавад. Чунки гирифти Офтоб дар майдонҳои на он қадар калони Замин, ки ба он сояи Моҳ меафтад, мушоҳида карда мешавад. Гирифти Моҳ бошад, дар ҳама қисмҳои ба Офтоб муқобили Замин дар як вақт менамояд.

Дар вақти гирифти пурраи Моҳ (яъне пурра ба сояи Замин дарояд) Моҳ пурра аз назар ғойб нашуда, бо ранги сурхчатоб чило медиҳад. Сабаби ин, дар ин вақт нурпошӣ ва бо инъикоси ин нурҳои Офтоб дар атмосфераи Замин равшан шудани Моҳ мебошад. Атмосфераи Замин рангҳои кабуд ва



Расми 21. Ҳодисаи гирифти Моҳ (1 – Офтоб; 2 – Замин; 3 – Мадори Моҳ. Моҳ дар зери сояи Замин).

хаворангро фурӯ бурда, тарафи Моҳ асосан ранги сурхро инъикос мекунад. Дар натиҷа Моҳ айнан бо ҳамин нурҳо равшан карда мешавад ва сурхчатоб менамояд. Ба сабаби майли мадори Моҳ ба ҳамвории эклиптика, гирифтҳои Офтоб ва Моҳ ҳангоми моҳи нав(ҳилол) ва моҳи пурра (бадр) ҳар дафъа мушоҳида намешавад. Мувофиқи шартҳои гирифти Офтоб ва Моҳ, ҳангоми гирифти Офтоб Моҳ дар фазаи моҳи пурраи астрономӣ буда, маркази Офтоб аз гирехҳои ихтиёрии Моҳ дар масофаи камони аз $16,5^\circ$ хурд; ҳангоми гирифти Моҳ бошад, Моҳ дар фазаи моҳи пурра буда, маркази Офтоб аз гирехҳои ихтиёрии Моҳ дар масофаи камони аз $10,6^\circ$ хурд бояд бошад. Ин навъ ҳолат барои гирифти Офтоб соли 2 маротиба, аз ҳама зиёдаш то 5 маротиба; барои гирифти Моҳ бошад, ягон маротиба ҳам нашуданаш ё ки аз ҳама бисёраш 3 маротиба содир шуданаш мумкин аст. Бинобарин дар як сол гирифтҳои умумӣ 7 маротиба, камаш 2 то (фақат Офтоб) шуданаш мумкин.

Дар замони қадим ҳангоми гирифти Моҳ ва гирифти Офтоб, ҳодисаи дар боло баён кардаамон дар одамон тарсу воҳимаро ба вучуд меовард. Ҳозир бошад, сирри гирифти Офтоб ва Моҳ фош гардида, дар ҳеҷ кас тарсу воҳима ба вучуд намеояд.

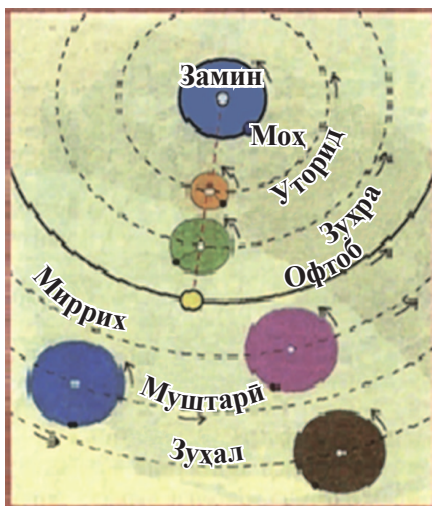
Савол ва супоришҳо:

1. Моҳ дар гирди меҳвари худ бо кадом давр чарх мезанад? Дар атрофи Замин чӣ?
2. Сабаби ҳар доим ба Замин намоён будани як тарафи Моҳ дар чист?
3. Фазаҳои асосии Моҳ чӣ тавр номида мешаванд?
4. Даври синодии Моҳ гуфта чиро меғӯянд?
5. Аниқии тақвими Хайёмро бо аниқии тақвими григорианӣ муқоиса кунед.
6. Ҳодисаҳои гирифти Моҳ ва Офтобро фаҳмонед.
7. Сабабҳои дар ҳар моҳ нагирифтани Офтоб ва дар моҳи пурра нагирифтани Моҳро фаҳмонед.

БОБИ II. СОХТИ СИСТЕМАИ ОФТОБӢ ВА ҲАРАКАТИ ЧИСМҲОИ ОСМОНӢ

МАВЗӢИ 7. § 18. Сохти Системаи офтобӣ

1. *Ташаккули тасаввурот дар бораи сохти Системаи офтобӣ.* Таърихи ташаккули тасаввурот дар бораи сохти Олам аз даврҳои қадимтарин оғоз шудааст. Дар қадим аҷдодони мо дар фаҳмонидани табиат ва ҳодисаҳои он оқибӣ карда, эътимод доштанд, ки қувваи ғайритабии идоракунондаи



Расми 22. Системаи геосентрикии Птоломей.

ҳаракати ҷисмҳои Олам мавҷуд аст. Дар ҳамон фикр буданд, ки Олам ҳам аз тарафи ҳамин қувва офарида шудааст.

Баъди он ки дар асри IV то мелод аз тарафи файласуфи машҳури юнонӣ Арасту курасимон будани Замин исбот шуд, дар шуури одамон тасаввуроте ҳукмрон буд, ки мувофиқи он гӯё дар маркази кайҳон Зами-ни саҳт истода, дар атрофи он ситораҳо ва осмони саҳт ҷойгир шудаанд ва давр мезананд. Дар асри II мелодӣ астроном Птоломей *системаи геосентрикии* Олабро (яъне, дар марказаш Замин аст) ҳимоя карда баромад: дар маркази кайҳон Замин истода, сайёраҳои дигар, аз ҷумла Офтоб, дар атрофи он мувофиқи тартиби дар расми 22

овардашуда давр мезананд. Ҳамчунин мувофиқи ин таълимот чунин хулоса карда шуд, ки дар сфераи охири ситораҳо дар як масофа аз Замин ҷойгир шуда, дар атрофи он давр мезананд. Аммо бо мурури вақт омӯзиши ҳаракати сайёраҳо бо ин назария фаҳмонидани ҳаракати мураккаби сайёраҳо дар партави ситораҳо душвор гардонид. Дар оқибат аниқ шуд, ки ин назария сохти Олабро дуруст инъикос намекунад ва эҳтиёҷи ивазкунии он бо назарияи нави мувофиқ ба натиҷаҳои мушоҳидаҳо пайдо шуд.

2. *Таълимоти гелиосентрии сохти олами Коперник.* Дар асри XVI аз тарафи астрономи машҳури полшагӣ Николай Коперник (1473–1543) дар асоси мушоҳидаҳои чандинсолаи астрономӣ назарияи гелиосентрии Олам офарида шуд. Мувофиқи ин назария, дар маркази олам Офтоб истода, тамоми сайёраҳо, аз ҷумла Замин бо тартиб дар атрофи он давр мезананд (*расми 23*). Ситораҳо бошанд, чун дар назарияи Птоломей дар сфераи канорӣ ҷой гирифта, дар атрофи Офтоб, дар нисбати якдигар беҳаракат давр мезананд.

Коперник аввалин шуда аниқ қард, ки сабаби ҳаракати ҳалқамонанди сайёраҳо дар партави ситораҳо дар атрофи Офтоб чун дигар сайёраҳо давр задани Замин аст (*расми 24*). Ин назарияи Коперник дар бораи сохти олам номи *назарияи гелиосентриро* гирифт.

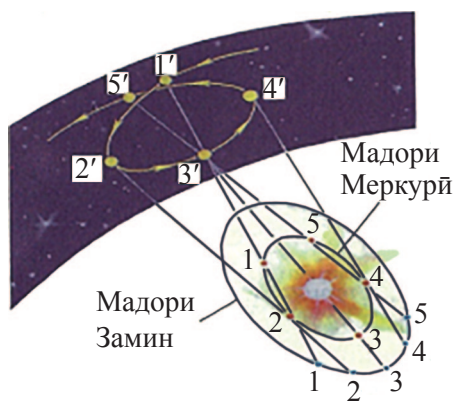
Назарияи геосентрии сохти олам аз тарафи олими италиявӣ, файласуф Ҷордано Бруно (1548–1600) инкишоф дода шуд. Вай дар назарияи худаш

қайд намуд, ки олам бо қураи беҳаракат, ситораҳо маҳдуд нест, ситораҳо аз Офтоб дар масофаҳои гуногун воқеъ гашта, объектҳои ба он монанданд, дар атрофи онҳо ҳам, монанди Офтоб, сайёраҳо мавҷуданд. Мушоҳидаҳои, ки дар давоми садсолаҳо гузаронида шуданд, ҳақ будани онро исбот намуданд.

Дар ташаккул ёфтани тасаввурот дар бораи сохти олам хизмати олими машҳур ва ҳамватани мо Абӯрайҳон Берунӣ (973–1048) калон аст. Дар асоси мушоҳидаҳои муайян намуд, ки сайёраҳои Уторид ва Зухра аз Офтоб дур рафта наметавонанд (бо ченаки камон ҳисоб карда шавад), бинобарин, ба ҳулосае омад, ки ин ду сайёра дар атрофи Офтоб давр мезананд (расми 25). Гарчи Берунӣ дар асл тарафдори назарияи гелиосентри бошад ҳам, ин ҳулосаи ӯ оид ба сайёраҳои дохилӣ (Уторид ва Зухра) дар асри XI қадами нахустин ба сӯи системаи гелиосентрии сохти Олам буд.



Расми 23. Системаи гелиосентрикии сохтори олам (дар марказ Офтоб).



Расми 24. Шарҳи ҳаракати зоҳирии ҳалқамонанди сайёраҳо.



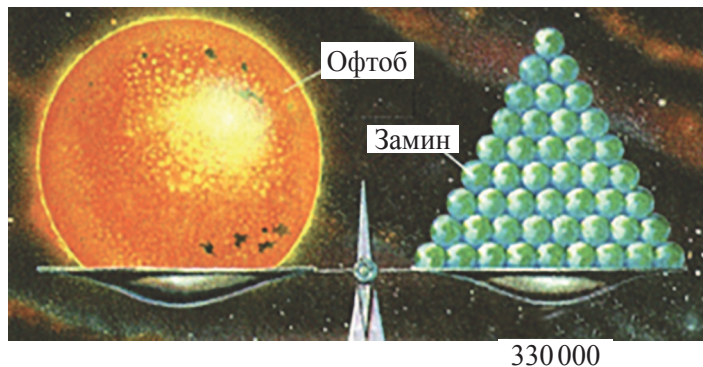
Расми 25. Мувофиқи тасаввуроти берунӣ дар бораи сохти олам, Офтоб бо радиҳои дар атрофаш даврзандаи худ – Уторид ва Зухра дар атрофи Замин давр мезанад.

§ 19. Андоза ва таркиби манзумаи офтобӣ

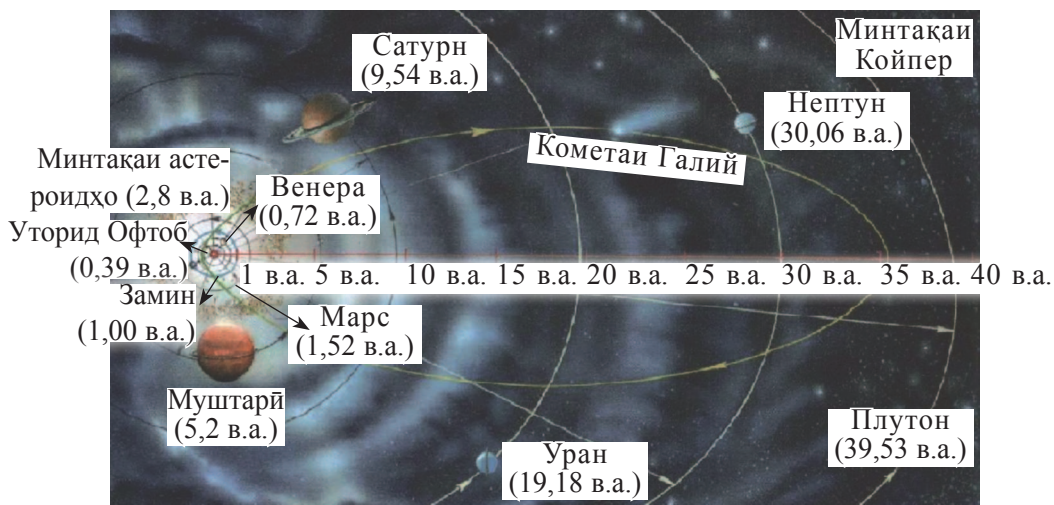
Мо бо баъзе ҷисмҳои ба Системаи офтобӣ дохилшаванда дар дарсҳои «Табиатшиносӣ» шинос шуда будем. Маълум аст, ки дар ин система ҷисми калонтарин Офтоб буда, қутри он аз қутри Замин 109 маротиба калон ва массааш ба 330 000 массаи Замин баробар аст (*расми 26*). Дар атрофи он 8-то сайёра тақрибан дар як ҳамворӣ бо даврҳои гуногун ҷарх мезананд. Аз рӯи масофа то Офтоб ин сайёраҳо бо тартиби зерин ҷой гирифтаанд: *Уторид, Зухра, Замин, Миррих, Муштарӣ, Зухал, Уран, Нептун*. Сайёраи Нептун, ки шартан Системаи офтобиро маҳдуд мекунад, назар ба масофаи Замину Офтоб аз Офтоб 30,1 маротиба дуртар воқеъ мебошад. Маълум аст, ки масофаи байни Замину Офтоб ба 150 миллион километр баробар аст, бинобарин Нептун аз Офтоб ба ҳисоби миёна 4,6 миллиард километр дур аст. Рӯшноӣ аз Офтоб ба Замин дар 8 дақиқа зиёдтар вақт омада мерасад, аммо аз Нептун 4,5 соат зиёдтар вақт «роҳ» мепаймояд (*расми 27*).

Ба ғайр аз ин, дар қатори сайёраҳои калон миқдори зиёди сайёраҳои хурд (андозаашон аз якчанд километр то якчанд сад километр) давр зада, миқдори зиёди онҳо дар байни мадорҳои Миррих ва Муштарӣ воқеъ мебошанд.

Ҳамчунин дар Системаи офтобӣ ҷисмҳои хам мавҷуданд, ки дар атрофи Офтоб аз рӯи мадори дарозшудаи эллипсмонанд ҳаракат мекунанд ва ядроии сахташон бо пардаи газ пардапеч шуда, дар назди Офтоб «дум» ҳосил мекунанд ва комета ном бурда мешаванд.



Расми 26. Муқоисаи массаи Замин бо массаи Офтоб.



Расми 27. Андозаи системаи офтоб (в.а. – воҳиди астрономӣ).

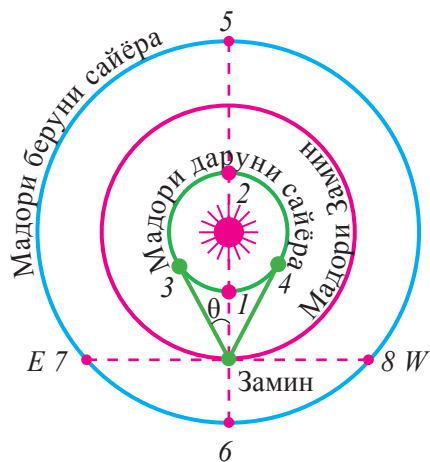
Ғайр аз ин, дар ҳудуди Системаи офтобӣ аз рӯи мадорҳои эллипсшакли бешумор ҷисмҳои андозаашон ба зарраҳои рег баробар давр мезананд. Инҳоро *ҷисмҳои метеорӣ* меноманд.

Сайёраҳои калони дар Системаи офтобӣ ҳаракаткунанда чӣ қадар калон бошанд ҳам, дар муқоиса бо Офтоб онҳо ҷисми нисбатан хурди осмон ҳисобида мешаванд. Массай сайёраҳо ва ҷисмҳои хурд дар якҷоягӣ ҳамагӣ 0,15% массай ҷисмҳои Системаи офтобиро, массай Офтоб бошад, тахминан 99,85% ро ташкил медиҳад. Барои ҳамин ҳам Офтоб ҳаракати ҳамаи ҷисмҳои ба он дохилшавандаро идора мекунад.

§ 20. Конфигуратсияи сайёраҳо ва шартҳои намудорӣ онҳо *

Дар фанни ситораҳо вазъияти сайёраҳои дар атрофи Офтоб даврзананда ба туфайли аз Замини ҳаракаткунанда бурдани мушоҳидаҳо, намуди мураккабро мегирад. Ҳангоми аз Замин нигаристан, вазъияти сайёраҳоро нисбат ба Офтоб *конфигуратсияи* онҳо меноманд.

Акнун ба конфигуратсияи ду сайёра шинос мешавем. Дар *расми 28* мадори ду сайёраи якҷоя бо Замин дар атрофи Офтоб даврзананда акс ёфтааст.



Расми 28. Конфигурацсияи сайёраҳо ва шартӣ намудории онҳо.

Мадори яке аз онҳо ба сайёраи дарунӣ (мадораш дар даруни мадори Замин ҷой гирифтааст – Уторид ё Зухра), дуюмаш бошад, ба сайёраи берунӣ (мадораш дар беруни мадори Замин меҳобад) тааллуқ дорад.

Дар вазъияти дар расм додашудаи Замин ҳолатҳои 1 ва 2 ишғолкардаи сайёраи дохилӣ ҳолати қирони сайёра бо Офтоб номида шуда, дар ин ҳолатҳо сайёра ба шафақи Офтоб ғӯтида нонамоён мешавад, яъне ин ҳолат даври нонамоён шудани он мегардад.

Зоҳиршавии сайёраи дохилӣ дар ҳоли аз Офтоб ба шарқ ва ғарб максимал (*элонгацияҳо*) дур шудан (дар чена-

ки камон) ба ҳолатҳои 3 ва 4-уми он рост меояд. Агар сайёраи дохилӣ дар ҳолати 3 бошад, аз сабаби он дар тарафи шарқи Офтоб буданаш, бегоҳӣ баъди ғуруби Офтоб, дар тарафи ғарби осмон хеле баланд дар уфуқ намудор мешавад. Агар сайёраи дохилӣ дар ҳолати 4 бошад, яъне тарафи ғарби Офтоб бошад, саҳар пеш аз баромадани Офтоб дар тарафи шарқ намоён мешавад.

Ҳолати 5-уми ба сайёраи беруна вобаста қирон (яъне қирон бо Офтоб), ҳолати 6 муқобала (яъне муқобили Офтоб истодан) номида мешавад. Дар ҳолати баъдинаи 6-ум сайёра дар нисбати Офтоб дар масофаи кунҷи 180° ҷойгир мешавад.

Сайёраи берунӣ дар ҳолати 5-ум бо офтоб ба қирон омада, барои мушоҳид дар Замин даври нонамоёни худро аз сар мегузаронад. Дар ҳолати 6-ум бошад, аз сабаби он, ки дар муқобили Офтоб ҷойгир мешавад, ҳамзамон бо ғуруби Офтоб сайёра аз тарафи шарқ аз уфуқ боло мешавад ва имкони мушоҳидаи он дар давоми тамоми шаб пайдо мешавад. Ҳолатҳои 7-ум ва 8-ум мувофиқан, ҳолатҳои квадратураи шарқӣ ва ғарбӣ номида мешавад. Дар ҳолати 7-ум будани сайёра, онро аз ғуруби Офтоб то нимашаб, дар ҳолати 8-ум онро аз нимашаб то саҳар дар болои уфуқ наззора кардан мумкин аст.

§ 21. Даврҳои гардиши сайёраҳо дар атрофи Офтоб *

Ҳамаи сайёраҳо дар атрофи Офтоб ба як тараф, яъне аз ғарб ба шарқ ҳаракат карда чарх мезананд. Дар асоси дурии онҳо аз Офтоб даври гардиши онҳо ҳар хел буда, ба Офтоб наздикаш бо даври хурд, дуртар ҷойгирифтааш бо даври калон чарх мезанад.

Масалан, сайёраи ба Офтоб наздиктарин Уторид атрофи онро дар 88 рӯз давр зада мебарояд, аммо Нептун бо даври 165 сол дар атрофи он давр мезанад. Суръати ҳаракати онҳо ҳам ҳар хел буда, сайёраҳои аз Офтоб дар масофаи дур ҳаракаткунанда назар ба сайёраи наздикбуда бо суръати хеле хурд ҳаракат мекунад. Дар ҷадвали иловаҳо дар бораи суръати даврзании сайёраҳо дар атрофи Офтоб маълумот оварда шудааст. Инчунин дар ин ҷадвал суръати мадории сайёраҳо, суръати дуҷоми кайҳонӣ барои гардиши сайёраҳо дар атрофи Офтоб, ҳамвории даврзании Замин дар атрофи Офтоб (ҳамвории эклиптика) ва даврҳои гардиши он дар меҳвари худ дода шуда, кадом кунҷро ҳосил кардани он оварда шудааст. Сайёраҳо аз рӯйи мадори ба ҳамвории эклиптика наздик ҳаракат карданашон маълум мегардад.

Даври гардиши ҳақиқии сайёраҳо дар атрофи Офтоб даври сидерӣ ё даври ситоравӣ номида мешавад. *Даври сидерии* сайёра ($T_{\text{сай}}$) гуфта вақтеро мегӯянд, ки барои дар атрофи Офтоб нисбат ба ситораи маълум пурра давр зада баромадан сарф мешавад. *Даври синодии* сайёра ($S_{\text{сай}}$) гуфта фосилаи вақти ду конфигуратсияи якхелаи сайёра, яъне вазъияти сайёра нисбат ба Офтобу Заминро меноманд.

Даври синодии сайёра $S_{\text{сай}}$ ба ҳаракати Замин вобаста буда, даври сидерии Замин T_{\oplus} ба даври сидерии сайёраҳо $T_{\text{сай}}$ бо таври зерин алоқаманд аст.

Барои сайёраҳои дохилӣ аз фарқи кӯчидани шабонарӯзии Замину сайёраҳо:

$$\frac{360^\circ}{S_{\text{сай}}} = \frac{360^\circ}{T_{\text{сай}}} - \frac{360^\circ}{T_{\oplus}} \quad \text{ё} \quad \frac{1}{S_{\text{сай}}} = \frac{1}{T_{\text{сай}}} - \frac{1}{T_{\oplus}},$$

аз ин ҷо, даври сидерии сайёра:

$$T_{\text{сай}} = \frac{T_{\oplus} \cdot S_{\text{сай}}}{T_{\oplus} + S_{\text{сай}}} \quad \text{мешавад.}$$

Яъне барои сайёраҳои берунии бо ҳамин роҳ ёфташуда:

$$\frac{1}{S_{\text{сай}}} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T_{\text{сай}}},$$

Аз ин чо $T_{\text{сай}} = \frac{T_{\oplus} \cdot S_{\text{сай}}}{S_{\text{сай}} - T_{\oplus}}$ мешавад.

Савол ва супоришҳо:

1. Фарқи байни таълимотҳои геосентрӣ ва гелиосентрии сохти оламро фаҳмонед.
2. Ҳаракатҳои ҳалқасимони сайёраҳо дар партави ситораҳо дар асоси таълимоти гелиосентрӣ чӣ хел фаҳмонида мешавад?
3. Ч.Бруно дар бораи сохти олам кадом фикрро пеш бурдааст?
4. Модели Беруниро дар бораи сохти олам кашида нишон диҳед.
5. Офтоб аз рӯйи диаметр ва массааш аз Замин чанд маротиба калон аст?
6. Сайёраҳои дохилӣ ва берунӣ дар атрофи Офтоб давр зада, дар кадом ҳолатҳои конфигурасионӣ мешаванд?
7. Чиро даври синодии сайёраҳо меноманд?
8. Даврҳои сидерии сайёраҳо аз рӯйи даврҳои синодии онҳо чӣ хел ёфта мешаванд?

МАВЗӮИ 8.

§ 22. Параллакси шабонарӯзӣ ва шабонарӯзӣ-уфукӣ. Муайян кардани масофа то чисмҳои Системаи офтобӣ

1. Масофаи то чисмҳои ба Системаи офтобӣ дохилшаванда (сайёраҳо, Мох, сайёраҳои майда ва ҳоказо) бо роҳи тригонометрӣ бо услуби параллакси шабонарӯзӣ номидашаванда ёфта мешавад.

Кунҷи байни хатҳои рости аз ҷисми осмон (M) ва мушоҳид (K) гузашта, ба нӯгҳои радиуси Замин кашидашуда *кунҷи параллакси шабонарӯзии* ҷисми мазкури осмон (вай хеле хурд буда, бо камонҳои ба сонияҳо баробар чен карда мешавад) номида мешавад (*расми 29*).

Барои ёфтани кунҷи параллакси шабонарӯзии ягон сайёра лозим меояд, ки дар як вақт аз ду нуқтаи меридиани Замин (K ва C) он мушоҳида карда шавад. Дар ин сайёра дар партави ситораҳои дур дар ҳолати кӯчиши параллактикӣ дар ду (M_1 ва M_2) нуқта менамояд. Агар ҷисми мунир нисбат ба мушоҳид дар уфук ҷой гирифта (дар нуқтаи M_0) бошад, параллакси он *параллакси шабонарӯзии уфукӣ* (p_0) номида мешавад.

Дар асоси кӯчидани параллактикии сайёра, параллакси шабонарӯзии уфукии он – кунҷи p_0'' ёфта шуда, дар асоси он масофаи то сайёра L аз рӯйи

секунҷаи росткунҷаи M_0OK бо тарзи зерин ёфта мешавад:

$$\sin p_0'' = \frac{R_{\oplus}}{L},$$

Аз ин ҷо $L = \frac{R_{\oplus}}{\sin p_0''} = \frac{206265}{p_0} \cdot R_{\oplus}$, зеро

p_0 – с дар камонҳои сониявӣ чен шуда-

аст: $\sin p_0'' = p_0 \cdot \sin 1''$, $\sin 1'' = \frac{1}{206265}$ навиштан мумкин, ин ҷо R_{\oplus} – радиуси Замин.

2. Дар айни ҳол масофа то ҷисмҳои Системаи офтобӣ бо усули радиолокатионӣ бо саҳеҳии калон муайян карда мешавад.

Дар ин ҳолат аз Замин ба ягон сайёра радиосигналҳо (мавҷҳои электромагнитӣ) фиристонда мешавад. Вақти рафта омадани мавҷ t бошад, роҳи тайкардаи он $2L$ буда, суръати паҳншавии мавҷҳои электромагнитӣ ба суръати рӯшноӣ c як хел буданаширо ба эътибор гирифта, $c = \frac{2L}{t}$ гуфта, навиштан мумкин аст. Дар ин ҳол масофа то ҷисми осмон

$$L = \frac{ct}{2}$$

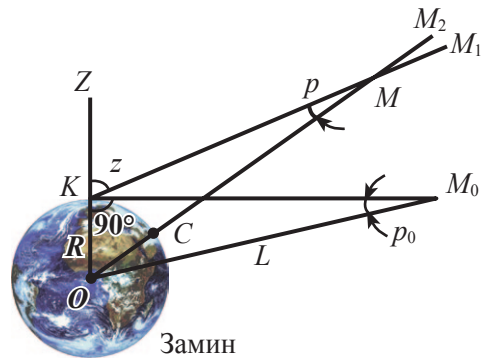
буданаш маълум мегардад.

Айнан ҳамин тавр, масофаи Замин ва ҷисмҳои Системаи офтобӣ, аз ҷумла, масофа то Офтоб (1 воҳиди астрономӣ = 149 598 500 км) хеле дақиқ ёфта шудааст.

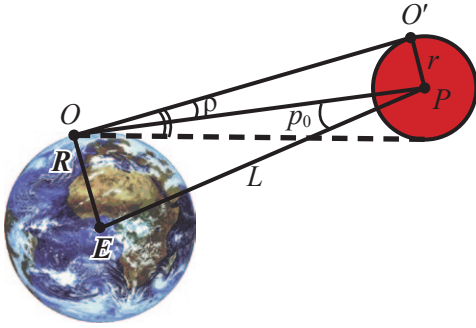
§ 23. Муайян кардани радиуси ҷисмҳои Системаи офтобӣ **

Барои муайян кардани радиуси сайёраи дар расм овардашуда r параллакси шабонарӯзии ин сайёра p_0 аз секунҷаи росткунҷаи OEP (расми 30):

$$\sin p_0 = \frac{OE}{OP} = \frac{R_{\oplus}}{L}$$



Расми 29. Параллаксҳои шабонарӯзӣ ва шабонарӯзӣ уфуқии ҷисми мунир.



Расми 30. Усулҳои ҳисобкунии радиусҳои ҷисмҳои системаи Офтоб.

мешавад. Аз секунҷаи росткунҷаи OPO' радиуси зоҳирии сайёра ρ :

$\sin \rho = \frac{O'P}{OP} = \frac{r}{L}$ мешавад, аз ин ҷо $r - \rho$ ёбем, он: $r = L \sin \rho$. Акнун қимати L -ро, ки дар параграфи пешина ёфта шудааст, ба ин баробарӣ монда, радиуси сайёра (r) ба тарви зер аниқ қардан мумкин:

$$r = L \sin \rho = \frac{R_{\oplus}}{\sin p_0} \sin \rho.$$

Ин ҷо кунҷҳои p_0 ва ρ дар камонҳои сониявӣ ҳисоб кардашаванда, радиуси сайёраҳо, радиуси Замин дар воҳиди кунҷи R_{\oplus} аз ифодаи зерин ёфта метавонем:

$$r = \frac{R_{\oplus}}{p_0''} \rho''$$

чунки, $\sin p_0'' = p_0 \cdot \sin 1''$, $\sin \rho'' = \rho \cdot \sin 1''$.

Агар радиуси зоҳирии ҷисми осмон ба дараҷаи кофӣ калон бошад (масалан барои Моҳ) масофа то он аз:

$$r = \frac{R_{\oplus} \cdot 206265}{p_0} \cdot \sin \rho \text{ ёфта мешавад.}$$

Савол ва супоришҳо:

1. Кунҷи параллакси ягон ҷисми Системаи офтобӣ гуфта кадом кунҷро меноманд?
2. Масофа то ҷисмҳои Системаи офтобӣ чӣ тавр ёфта мешавад?
3. Бо усули радиолокатионӣ масофаҳои ҷисмҳои осмонӣ чи тавр ёфта мешавад?
4. Андозаҳои (радиусҳои) ҷисмҳои ба Системаи офтобӣ дароянда чӣ хел ёфта мешавад? Барои ин бояд аввал кадом андозаҳои онҳоро аниқ намуд?
5. Аз рӯйи параллакси шабонарӯзии уфуқӣ (p_0) радиусҳои зоҳирӣ (ρ) формулаи ҳисобкунии радиусҳои онҳоро (r) нависед.

МАВЗЎИ 9. § 24. Воҳидҳои ченаки дарозӣ дар астрономия

Дар астрономия дарозиро бо воҳиди қабулкардаи системаи байналхалқӣ (метрҳо) ифода кардан на ҳама вақт қулай мебошад. Барои ҳамин ҳам дар астрономия дарозӣ ғайр аз воҳидҳои мавҷуда боз бо воҳидҳои зерини махсус чен карда мешавад:

1. **Воҳиди астрономӣ (в.а.)** – масофаи байни Замину Офтоб буда, ба ҳисоби миёна ба 149,6 миллион километр баробар аст. Аз ин воҳид асосан барои ифода кардани масофаи ҷисмҳои осмонии системаи Офтоб (сайёраҳо, кометаҳо, Моҳ ва ғайра) истифода мебаранд.

2. **Соли рӯшноӣ (с.р.)** – бо роҳи дар як сол тайкардаи рӯшноӣ тавсиф карда мешавад. Барои ин як сол аз чанд сония иборат буданаширо ёфта, онро ба суръати рӯшноӣ зарб мекунем. Бо ин роҳ, 1 соли рӯшноӣ (1 с.р.) ба $9,46 \cdot 10^{15}$ км баробар мешавад. Натиҷаро ба 149,6 млн км тақсим намоем, қимати 1 с.р. дар воҳиди астрономӣ ҳосил мешавад, ки он ба $U\ 63240$ в.а. баробар аст.

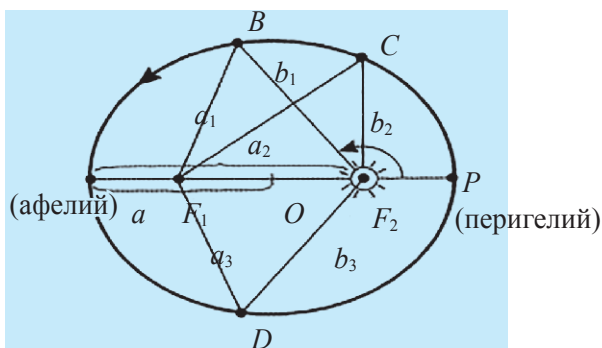
3. **Парсек (пк)** – аз калимаҳои «параллакс» ва «секунд» гирифта шуда, масофаи то ҷирми мунири параллакси солона ба $1''$ баробарро ифода мекунад:

$$1 \text{ пк} = 3,26 \text{ с.р.} = 206265 \text{ в.а.} = 30,86 \cdot 10^{12} \text{ км.}$$

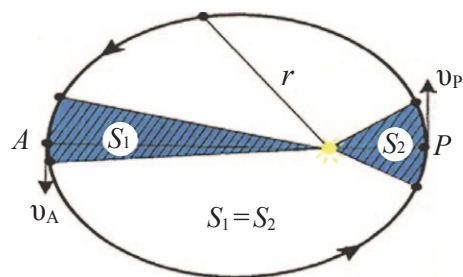
Одатан воҳидҳои дарозӣ: соли рӯшноӣ, парсек, килопарсек (1000 пк) ва мегапарсек (Мпк = 10^6 пк) барои муайян кардани масофаи ҷисмҳои осмонии берун аз Системаи офтобӣ (ситораҳо, галаситораҳо, туманнокиҳо ва ҳоказо) инчунин галактикаҳои берунӣ ва тӯдаҳои галактикаҳо истифода мешаванд.

§ 25. Қонунҳои Кеплер

Дар асри XVI олими даниягӣ Тихо Браге (1546–1601) ҳаракати сайёраҳоро мушоҳида намуда, дар муайян кардани мавқеи онҳо муваффақиятҳои калонро ба даст овард. Вай бо асбобҳои астрономӣ ҷирмҳои мунири осмонро мушоҳида карда, ҷойи онҳоро бо саҳеҳии калон муайян кард. Ин саҳеҳӣ $2'$ -ро ташкил карда, ҷисми дарозиаш 1 см дар масофаи 17 м дар таҳти ҳамин кунҷ менамояд. Вай дар охири умраш дар Прага зиндагӣ карда, ба шогирдӣ астрономи олмонӣ Кеплерро тақлиф намуд. Кеплер ин пешниҳодро қабул карда, ба Прага кӯчида омад. Лекин муддате нагузашта Браге вафот кард ва натиҷаҳои пурқимати мушоҳидаҳои ӯ дар дасти Кеплер монд.



Расми 31. Ҳаракати сайёраҳо аз рӯи эллипс.



Расми 32. Сатҳҳои баробари дар вақтҳои баробар кашадаи радиус – векторҳои сайёраҳо.

Дар натиҷаи ҳисобкунӣҳои бисёрсола вай дурии Замин аз Офтоб ва массаи байни Мирриху Офтобро муайян намуда, траекторияи ҳаракати Миррих дар атрофи Офтобро ёфт, ки шакли хатти қачи пӯшидаи эллипсо дошт. Хусусияти хоси эллипс дар он аст, ки дар нуқтаҳои ихтиёрии (B , C , D) он чамъи масофаи ду нуқтаи конуни эллипс номидашаванда (расми 31) бузургии доимӣ:

$$a_1 + b_1 = a_2 + b_2 = a_3 + b_3 = 2a = \text{const}$$

буда, нуқтаи F_1 ва F_2 конунҳои эллипс номида мешавад. Порчаи эллипс, ки нуқтаҳои аз ҳам дуртаринро ба ҳам пайваста аз конунҳо мегузарад, *тири калон* ($2a$) номида шуда, масофаи миёнаи байни Офтоб ва сайёра, ки ба нисфи ҳамин тир баробар мешавад, *нимтири калон* (a) ном дорад. Кеплер натиҷаҳои мушоҳидаҳои қариб 24 соларо умумӣ гардонида, оид ба ҳаракати сайёраҳо се қонуни зеринро кашф намуд:

1. Ҳар як сайёра дар атрофи Офтоб аз рӯи мадори эллипсӣ давр мезанад ва дар яке аз конунҳои он Офтоб ҷой гирифтааст.

2. Радиус-вектори сайёраҳо (порчае, ки Офтобро бо сайёра мепайвандад) дар фосилаҳои баробари вақт, сатҳҳои баробарро мекашад (расми 32).

3. Квадратҳои даврҳои гардиши сидерии (ҳақиқии) ду сайёраи ихтиёрӣ дар атрофи Офтоб, чун мукааби нимтирҳои калони мадори онҳо нисбат до-ранд, яъне

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

Дар ин ҷо: a_1, T_1 – 1- нимтири калон ва даври сайёра; a_2, T_2 – 2- нимтири калон ва даври сайёра. Ин ифода бино ба даври сайёраи ихтиёрӣ (T), ки бо мушоҳида маълум шудааст, барои ёфтани масофаи он то Офтоб (a) ба астрономҳо хеле зарур аст, яъне (ин ҷо $T_2 = T_{\oplus} = 1$ сол, $a_2 = a_{\oplus} = 1$ в.а.):

$$T^2 (\text{сол}) = a^3 (\text{в.а.}).$$

§ 26. Ҳисобкунии массаи ҷисмҳои осмон *

Масса ва зичии Замин. Қонуни Нютон дар бораи қувваи ҷозибаи олам имкони ҳисоб кардани бузургии муҳими тамоми ҷисмҳои осмонӣ – массаро медиҳад. Хусусан агар дар асоси ин қонун массаи Заминро ҳисоб карданӣ бошем, аз вобастагии шитоби афтиши озоди Замин ва массаи он истифода бурда, инро навишта метавонем:

$$g = \frac{GM}{R^2},$$

ин ҷо: M – массаи Замин, R – радиуси Замин; G – доими гравитатсионӣ аст ва вобаста ба қимати онҳо: ($g = 9,8$ м/с², $R = 6370$ км, $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг²) массаи ёфташудаи Замин $M = 6 \cdot 10^{24}$ кг ро ташкил медиҳад.

Акнун бевосита ба ҳисобкунии массаҳои ҷисмҳои осмон бозгардем. Барои он аз қонуни III Нютон, ки аз тарафи Кеплер умумигардонид (ё аниқ) шудааст, истифода мегардад:

$$\frac{T_1^2 (M_{\odot} + m_1)}{T_2^2 (M_{\odot} + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

ин ҷо: T_1 ва T_2 – даври сидерикӣ дуто сайёраи ихтиёрӣ дар атрофи Офтоб даврзананда (яъне даври ҳақиқӣ даврзанӣ дар атрофи Офтоб), M – массаи Офтоб, m_1 ва m_2 – массаи он ду сайёраи ихтиёрӣ, a_1 ва a_2 нимтири калони мадори онҳоро ифода мекунад.

Аз универсалӣ будани ин қонун истифода бурда, дар ҳамин асос барои муайян кардани массаи ягон сайёраи дигар ҳам аз қонуни аниққардашудаи III Кеплер истифода мешавад. Барои ин ҳаракати радифи сайёраи массааш ёфтшаванда ва ҳаракати радифи Замин (даврхояш ва нимтирҳои калони мадорхояш) муқоиса карда мешаванд, яъне

$$\frac{T_{\text{сай}}^2 \cdot m_{\text{сай}} + m_1}{T_{\oplus}^2 \cdot m_{\oplus} + m_2} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

ин чо: $T_{\text{сай}}$ ва T_{\oplus} – даврҳои гардиши радифи сайёра ва Заминро, $m_{\text{сай}}$ ва m_{\oplus} – массаи сайёра ва Заминро, m_1 ва m_2 – мувофиқан массаи радифҳои онҳо; a_1 ва a_2 бошад, нимтирҳои калони мадори радифҳои Замин ва сайёро ифода мекунад.

Одатан аз сабаби хеле хурд будани массаи радифҳо нисбат ба худӣ сайёраҳо (Замин ва радифи табиӣ он – Моҳ аз ин мустасно), ба ҷойи m_2 массаи радифи маснӯи Заминро гирем, дар он ҳол $m_{\text{сай}} \gg m_1$, $m_{\oplus} \gg m_2$ навиштан мумкин. Дар ин ҳол формулаи овардашуда (m_1 ва m_2 ба ҳисоб гирифта нашавад) намуди

$$\frac{m_{\text{сай}}}{m_{\oplus}} = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3 \cdot \left(\frac{T_{\oplus}}{T_{\text{сай}}}\right)^2$$

-ро мегирад, ин чо T_{\oplus} ва $T_{\text{сай}}$, ҳамчунин андозаҳои a_1 ва a_2 мувофиқан ба радифи сайёра ва Замин мансуб аст.

Массаи Офтобро ҳам дар воҳиди массаи Замин бо ҳамин роҳи осон ҳисоб кардан мумкин аст:

$$\frac{T_{\oplus}^2 \cdot M_{\odot} + m_{\oplus}}{T_{\text{р.м.}}^2 \cdot m_{\oplus} + m_{\text{р.м.}}} = \frac{a_{\oplus}^3}{a_{\text{р.м.}}^3} \text{ аз ифодаи}$$

$$\frac{M_{\odot}}{m_{\oplus}} = \left(\frac{T_{\text{р.м.}}}{T_{\oplus}}\right)^2 \cdot \left(\frac{a_{\oplus}}{a_{\text{р.м.}}}\right)^3 \quad \text{ё} \quad M_{\odot} = \left(\frac{a_{\oplus}}{a_{\text{р.м.}}}\right)^3 \cdot \left(\frac{T_{\text{р.м.}}}{T_{\oplus}}\right)^2 \cdot m_{\oplus}$$

истифода мешавад, ин чо: M_{\odot} ва m_{\oplus} – массаи Офтоб ва Заминро; T_{\oplus} ва a_{\oplus} – давр ва нимтири калони мадори дар атрофи Офтоб давр задани Заминро $T_{\text{р.м.}}$ ва $a_{\text{р.м.}}$ бошад, давр ва нимтири калони мадори радифи маснӯи Заминро ифода мекунад.

Савол ва супоришҳо:

1. Кадом хатти қачи пӯшидаро эллипс мегӯянд?
2. Ба қонуни якум ва дуҷоми Кеплер таъриф диҳед.
3. Дар қонуни сеҷоми Кеплер даври сайёра ба нимтири калони мадори он чӣ хел вобастагӣ дорад?

4. Ифодаи математикии қонуни III умумикардашудаи Кеплерро навишта шарҳ диҳед. Массайи ҷисмҳои Системаи офтобӣ дар асоси ин қонун чӣ ҳел ҳисоб карда мешавад?
5. Массайи Офтоб дар воҳиди массайи Замин чӣ ҳел ёфта мешавад?

МАВЗЌИ 10. § 27. Масъалаи ду ҷисм. Суръатҳои кайҳонӣ

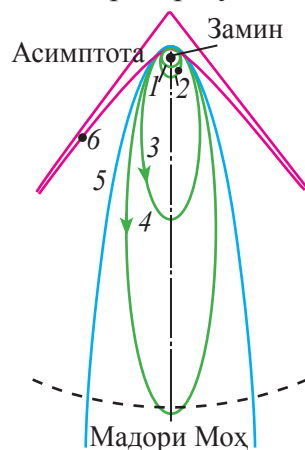
Ба тӯфайли мавҷуд будани қувваи ҷозибаи олам мувофиқи қонуни Кеплер Нютон исбот кардааст, ки сайёраҳо дар атрофи Офтоб давр мезананд. Ин қонунҳо аз тарафи Нютон ба тартиби аниқтар оварда шуданд. Дар шароити муайян ягон ҷисм дар майдони ҷозибаи ҷисми дигар, ҷуноне Кеплер таъкид кардааст, нафақат аз рӯи эллипс, балки аз рӯи доира, парабола ва гипербола ҳам ҳаракат карданашро исбот кардааст. Хусусан ў таъкид намулдааст, ки аз сатҳи ҷисми массааш ба Замин баробари якҷинсаву курашакл бо суръати маълуми ибтидоӣ дар самти уфуқӣ ҷисм партофта шавад, (расми 33) дар зери таъсири ҷозибаи Замин дар атрофи он ба мадори давршакли дар масофаи ба радиуси Замин баробар бароварда шуданаш мумкин аст. Ин ҷо бузургии суръати ибтидоӣ ба радиуси Замин ва массайи он баробар буда, аз

ин формула:

$$v_0 = \sqrt{\frac{GM_{\oplus}}{R_{\oplus}}}$$

ёфта мешавад. Ин ҷо G – воҳиди доимии гравитатсионӣ буда, қимати он ба $6,67 \cdot 10^{11} \frac{\text{Нм}^2}{\text{кг}^2}$ баробар аст. Радиуси миёнаи Замин $R_{\oplus} = 6370$ км, M_{\oplus} – массааш ба $5,9 \cdot 10^{24}$ кг баробар аст. Ин бузургиҳоро ба формула монда ҳисоб кунем, v_0 суръати ибтидоӣ ба $7,91 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ баробар буда, он барои Замин суръати якуми кайҳонӣ ном бурда мешавад. Яъне, ракетаи аз сатҳи массааш чун Замин якҷинса, беатмосфера, курашакл бо суръати якуми кайҳонӣ боло шуда ба мадори давраи атрофи он баромада метавонад.

Дар асл, ба сабаби мавҷуд будани атмосфера дар Замин фақат дар ҳолати баробар будани суръа-



Расми 33.
Траекторияҳои ҳаракати ҷисмҳо дар майдони ҷозибаи Замин.

ти ҷисми ба баландии на кам аз $h=150$ км уфуқӣ баромада он чун радифи маснӯи Замин $v = \sqrt{\frac{GM}{R_{\oplus}+h}}$ аз рӯйи давра гардиш мекунад (дар расми 33 бо 1 нишон дода шудааст).

Агар рафту суръати ибтидоии РМ (радифи маснӯи) аз сатҳи Замин болошаванда аз суръати кайҳонӣ тезтар бошад, шакли мадори РМ дар шакли эллипс мешавад (дар расми 33 – 2, 3, 4). Дигар хел карда гӯем, агар қимати

суръати ибтидоӣ ба $v_0 = \sqrt{\frac{2GM}{R_{\oplus}}}$ расад, РМ дар атрофи Замин дар нисба-

ти он аз рӯйи траекторияи параболӣ ҳаракат мекунад (хатти 5 дар расми 33). Бузургии ин суръат $11,2 \frac{\text{км}}{\text{с}}$, яъне $(7,91 \times 1,41)$ буда, он суръати дуҷуми кайҳонӣ номида мешавад.

Суръати ибтидоии РМ аз $11,2 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ гузарад, он дар нисбати Замин ҳаракати худро аз рӯйи траекторияи гиперболӣ сар мекунад (дар расми 33 – хатти б). Ин РМ аз Замин ба сӯйи беканорӣ ҳаракат карда, траекторияи он ба асимптотаи гипербола наздик шудан мегирад. Бинобарин, траекторияи онро дар беканорӣ траекторияи ростхатта номидан мумкин аст.

Ин ҷо сухан дар бораи ду ҷисм рафта (Замин ва радифи он аз рӯйи траекторияи геосентрӣ дар атрофи он), ба туфайли ба ҷисми дар назди Замин (аз ҷумла РМ) таъсир кардани сайёраҳои дигари Системаи офтобӣ ва худи Офтоб ҳам, суръати дуркунандаи РМ аз суръати бо таъсири Замин гирифтааш хеле хурд мешавад. Дар ин ҷо майдони гравитатсионии ҷисми якҷинсаи дар конуни траекторияи ҷисми дар майдони ҷозибача ҳаракаткунанда майдони марказии ҷозибача (ММҶ) номида мешавад. Массайи ҷисми ММҶ-ро диҳанда дар нуқтаи маркази он муҷассамшуда ҳисобида мешавад.

Савол ва супоришҳо:

1. Траекторияҳои ҷисми дар майдони ҷозибача ҳаракаткунанда дар кадом намуд мешавад?
2. Суръати кайҳонии яқум ва дуҷуми ҷисми дар майдони ҷозибача ҳаракаткунанда бо кадом формулаҳо ёфта мешавад?
3. Ба сифати маркази майдони ҷозибача майдони кадом ҷисм қабул карда шудааст?

БОБИ III. АСТРОФИЗИКА ВА МЕТОДҲОИ ТАДҚИҚОТИИ ОН

МАВЗҶИ 11. § 28. Омӯзиши осмон дар нурҳои мавҷи электромагнитӣ – асоси астрономияи фароҳмавҷ

Донишҷоеро, ки мо доир ба табиати физикии ҷисмҳои осмон гирифтем, бо воситаи нурҳои электромагнитии оптикӣ ва диапазонҳои дигари аз онҳо расида ҳосил шудаанд. Нурҳои аз онҳо омадаистода, аз як тараф, беохир набаромада, дар намуди квантҳои алоҳида ва заррачаҳои дорои энергияи хос хорич мешаванд. Квантҳои нури ба ҷашми оддӣ намудор ба энергияи 2–3эВ соҳиб буда, як соҳаи хурди нурҳои дар астрофизика истифодашавандаро ташкил мекунад. Аз тарафи дигар, онҳо дар намуди мавҷи электромагнитӣ қайд карда мешаванд. Ин мавҷҳои электромагнитӣ, ки ба ҳар гуна нурпошии дохили вакуум мансуб аст, бо як суръат – $3 \cdot 10^8$ м/с паҳн мешавад. Аз сабаби он, ки ҳангоми ба шакли мавҷ паҳн шудани нурпошии он дар намуди ҳодисаҳои интерференсия ва дифраксия намоён мешавад, онро чун ҳар як гуна мавҷ тавсиф дода, зарби суръаташ v бо дарозии мавҷашро λ баробари суръати паҳншавии мавҷ навиштан мумкин, яъне:

$$v\lambda = c$$

ин ҷо c – суръати равшанист.

Бо ёрии асбоби махсус лаппишҳои электромагнитиро ба спектрҳои мавҷҳои дарозиаш гуногун ҷудо кардан мумкин аст. Вақте ки нури равшанӣ аз призмаи шаффофи секунҷа гузаронида мешавад, он айнан ба ҳамин ташкилкунандаҳо ҷудо шуда, дар он бо тартиб ва пайихам нурҳо ҷило медиҳанд. Рангҳои ин навъи нур, ки аз нури сафед иборат аст, бо дарозии мавҷҳои он аниқ карда мешавад. Ҷашми оддӣ инсон аз 0,4 мкм (нури бунафш) то 0,7 мкм (нури сурх) нағз мебинанд. Ин нурҳои оптикӣ номидашаванда як намуди афканишоти электромагнитӣ буда, тамоми онҳо дар маҷмӯъ шкалаи мавҷҳои электромагнитиро ташкил мекунад. Мавҷи кӯтоҳтарини ин шкала афканишоти *гамма* – нурҳо буда, дарозтарини онҳо *радиомавҷҳо* номида мешавад.

Маълум аст, ки атмосфераи Замин барои нурҳои электромагнитии (оптикии) ба ҷашм намоён, ҳамчунин нурҳои қисман ба ҷашм намоёни ул-

трабунафш ва инфрасурх, аз соҳаи миллиметрии радиодиапазон то қисми 10–20 метрӣ шаффоф ҳисоб мешавад. Тамоми қисми боқимондаи мавҷҳои электромагнитӣ дар қабатҳои гуногуни атмосфераи Замин фуру бурда шуда, то сатҳи Замин расида намеояд.

То ихтироъ шудани аксбардорӣ, фақат якто чашми мушоҳидакунанда – асбоби қайдкунандаи афканишоти қисми мунир мавҷуд буд. Баъди ба кор афтодани усули фотографияи қайд кардани афканишот бо ёрдами ускунаҳои махсуси фотографияи ва фотоэлектрикӣ имконияти қайд кардани як қисм афканишоти диапазони ултрабунафш ва инфрасурх, ки дар атмосфераи Замин фуру бурда мешуданд, пайдо шуд.

Дар солҳои 30–40 асри гузашта бо сабаби тараққиӣ радиотехника манбаъҳои афканишоти қайҳонӣ кашф шуданд. Дар натиҷа, шуъбаи радиоастрономияи астрономия, ки донишҳои моро оид ба қайҳон васеъ мекард, ба кор афтод.

Дар нимаи дуҷуми асри ХХ бошад, «тавлид»-и қайҳоннавардӣ боиси ба атрофи Замин бароварда шудани радиои маснӯи он ва бо ёрии ускунаҳои дар он мондашуда пайдо шудани объектҳои афканишашон кӯтоҳмавҷ (*рентген ва гамма*) имконпазир гардид. Ба ҳамин сабаб, дар даҳсолаи охир бо ёрии телескопҳои махсуси *рентген ва гамма*ӣ, ки дар стансияҳои қайҳонӣ монда шудаанд, имкони омӯзиши манбаъҳои зиёди қувватнок пайдо шуд.

Дар астрофизика, чуноне дар диапазонҳои нури ултрабунафш ва инфрасурх аст, ҳамчунин дар диапазонҳои рентген ва гамма омӯзиши системавии чирмҳои осмонӣ оғоз шуд. Дар оқибат, астрономияи имрӯза ба *астрономияи фарохмавҷ* мубаддал гашт.

§ 29. Телескопҳои оптикӣ

Асбоби муҳимтарини астрономҳо барои мушоҳидаи телескоп мебошад. Телескоп кунҷи биниши қисмҳои осмониро калон ва якҷанд маротиба равшан намуда нишон медиҳад. Барои ҳамин ба воситаи телескоп нигоҳ кунем, қисмҳои осмонии ба Замин наздик ҷойгирифта (Офтоб, сайёраҳо ва Мох), бисёр ҷузъҳои ба чашм нонамоён ва бисёр ситораҳои бо сабаби хира буданашон ноаён зоҳир мешаванд. Қисми асосии телескоп объектив номида шуда, вай аз оинаи шаффофи фуруҳаида ё барҷаста сохта мешавад (*расмҳои 34 ва 35*). Объектив нурҳои аз қисми осмонии мушоҳидашаванда

омадаро дар як нуқта чамъ карда, тасвири ҷисми мазкурро месозад. Тасвири ҷисми осмонӣ, ки аз тарафи объектив ҳосил карда мешавад ба воситаи линзае, ки окуляр ном дорад, мушоҳида карда мешавад.

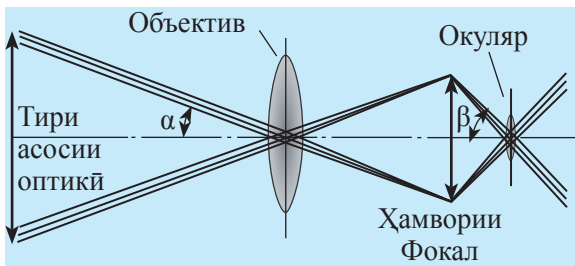
Тасвири дар телескопҳои замонавӣ ҳосилшуда аксаран дар фотолавлҳо ё ускунаҳои рақамӣ (SSD) қайд карда мешавад.

Агар объективи телескоп аз линза ё системаи линзаҳо иборат бошад, онро рефрактор меноманд. Роҳи нур ба рефрактор дар *расми 34* нишон дода шудааст. Телескопи объективаш аз оинаи фуруҳамида иборат бударо рефлектор меноманд. Роҳи нурҳои аз манбаҳои гуногун омадаистода дар *расми 35* тасвир карда шудааст.

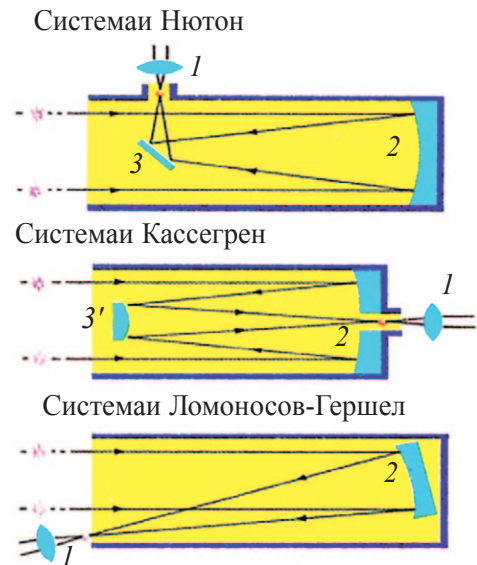
Вазифаҳои асосии телескоп ба шарҳи зер аст:

1. Қайд кардани нурафканиҳои аз ҷирми мунир меомадагӣ (бо чашм, лавҳаи фотографӣ, қайди фотоэлектрикӣ, спектрограф ва ҳоказо).
2. Дар ҳамвории фокалии объектив тасвири ҷисми ихтиёрии осмонӣ ё ҷирми мунири мушоҳида карда истодаамонро сохтан.
3. Бо чашми оддӣ нигоҳ кунем, объектҳои дар масофаи камони хурд ҷойгирифтаи ба таври алоҳида диданашавандаро ҷудо намуда нишон додан.

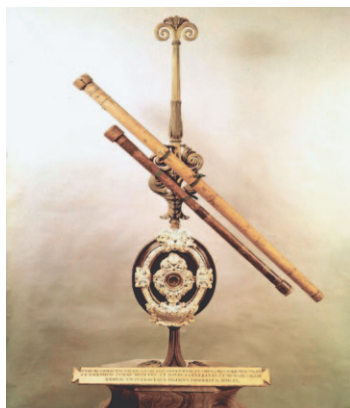
Акнун ба принсипи кори рефрактори оддӣ шинос мешавем. Дар он, объектив нурҳои аз ҷирми мунир омадаистодаро дар конуни F чамъ мекунад, дар ҳамворие, ки аз ин нуқта нисбат ба тире асосӣ рост мегузарад (ҳамвории фокалӣ), тасвири ҷисми мунирро месозад.



Расми 34. Сохти телескопи линзавӣ (рефрактор) (роҳи нур).



Расми 35. Сохти телескопҳои оинадор (рефлектор): 1 – окуляр; 2 – объектив; 3 – оинаи ҳамвор; 3' – оинаи фуруҳамида.



Расми 36. Телескоп-рефрактори нахустини Галлей.



Расми 37. Манораи телескоп-рефлектори диаметраш 6 метрӣ дар Кавкази Шимолӣ.

Ба воситаи линзаи барҷаста (окуляр), ки вазифаи лупаро иҷро мекунад, ба тасвир нигоҳ карда, калон шудани андозаи кунҷи ҷисми мавриди мушоҳида (Сайёра, Моҳ ё Офтоб)-ро мебинем. Бинобарин, гувоҳи он мешавем, ки телескоп ба мо ҷисми осмониро ҳам равшантар, ҳам калон-калон нишон медиҳад. Равшаншавии тасвири сохташуда ба қутри объектив ва масофаи конун, аниқтараш ба нисбати онҳо $\left(\frac{D}{f}\right)^2$ вобаста буда, калоншавии он ба нисбати масофаи конунии объектив ва окуляр $\frac{F}{f} = \frac{\beta}{\alpha}$ вобаста мешавад.



Расми 38. Ҷараёни сайқалдиҳӣ дар сеҳ ба оинаи телескопи диаметраш 8 метра.

Хусусияти тасвири ҷудо карда тавони-стани телескоп бо λ/D тавсиф карда мешавад. Дар ин ҷо λ дарозии мавҷи нур, D бошад, диаметри объективи телескоп аст. Агар тасвир бо фотолаваҳа ё роҳи фотоэлектрикӣ қайд карда шавад, он гоҳ окуляр даркор нашуда, фотолаваҳа ё диафрагмаи дохилшавандаи электрофотометр бевосита ба ҳамвори фокалии телескоп ҷойгир карда мешавад.

Рефлектори якуминро олими машҳури итолиёӣ Г. Галилей дар соли 1610 ба кор

андохт (*расми 36*). Рефлектори якуминро бошад, соли 1648 олими шинохтаи англис И. Нютон сохтааст. Диаметри рефрактори аз ҳама калонтарин 1 м буда, вай дар ИМА сохта шудааст. Рефлектори нисбатан бузург дар Кавкази Шимолӣ гузошта шудааст, ки диаметри оинаи он 6 м мебошад (*расми 37*). Телескоп–рефлектори калонтарин дар Ўзбекистон (астрографи чуфтшуда) дар наздикии шаҳри Китоб дар истгоҳи собиқи Паҳноӣ байналмилалӣ ҷойгир карда шудааст. Дар ноҳияи Қамашии вилояти Қашқадарё тақрибан дар баландии 3000 метри кӯҳҳои Майдонак обсерватория (расадхона) сохта шуда, диаметри рефлектори ба он гузошташуда 1,5 метр мебошад.

§ 30. Бузургиҳои асосии тавсифии телескопҳо **

Андозаҳои асосии тавсифкунандаи телескоп диаметри объективи он D ва фосилаи байниконунӣ F буда, селай рӯшноии объектив ҷамъкунанда:

$$F = ES = E\pi R^2$$

мешавад, ин ҷо: E – равшаншавии объектив; S – сатҳи он; R радиуси онро ифода мекунад.

Боз як андозаи тавсифии телескоп *сӯроҳии нисбӣ* ё *қувваи рӯшноӣ* номида шуда, он бо $A = \frac{D}{F}$ ифода карда мешавад. Равшании тасвири ғайринуктавии ҳосилшуда дар объектив

$$E_T = k \left(\frac{D}{F} \right)^2 = kA^2$$

буда, ба квадрати *сӯроҳии нисбӣ* мутаносиб мешавад. Аммо ба ҳарчи бештар калон кардани *сӯроҳии нисбии телескоп* ба ғайр аз сармехвари оптикӣ, ба вучудоии абerratсия халал мерасонад. Барои ҳамин ҳам дар рефлектор *сӯроҳии нисбиро* то 0,33, дар телескопҳои оинадор-линзавӣ то 1 гирифтани мумкин аст.

Тавсифи дигари асосии телескопҳои визуалӣ – *калон кардани телескоп* буда, он бо нисбати фосилаи байниконунии (F) объектив ва фосилаи байниконунии (f) окуляр ёфта мешавад:

$$k = \frac{F}{f} = \frac{\beta}{\alpha}$$

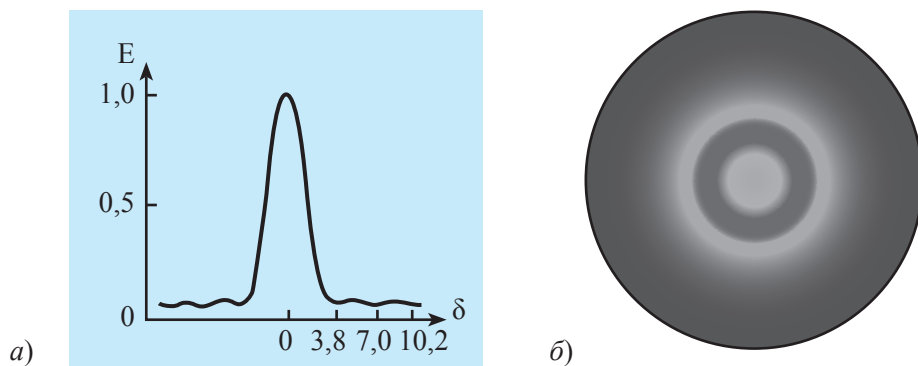
Ин ҷо: α – кунҷи намоёнро дар вақти бо ҷашми оддӣ ба ҷисми мунир нигоҳ кардан, β – кунҷи намоёнро дар вақти бо телескоп нигоҳ кардан тавсиф мекунад (*ба расми 34 нигоҳ кунед*).

Дар телескопи объективаш маълум калон кардани он ба фосилаи байни-конунии окуляри интихобшуда вобаста буда, ин фосила ҳар қадар хурд бошад, ба ҳамон қадар калон кардан муваффақ мешавад. Аммо ин ба он маънӣ нест, ки ба объективи маълум ҳар қадар окуляри фосилаи конунаш хурдро интихоб кунанд, телескоп калон нишон медиҳад. Чунки ҳар қадар калон карда шавад, майдони намоён барои телескоп барои тасвири он сохта тангтар мешавад. Масалан дар телескопи 30 маротиба калонкунанда, Моҳи ченаки камони диаметраш 32' буда пурра намоён шавад, дар телескопи 300 маротиба калонкунанда майдони биниши он фақат як қисми сатҳи Моҳро (бо чузъҳои майдааш ҳам) ғунҷонида метавонад. Ба туфайли ҳамин, дар телескопи муайян барои ба даст овардани бозтоби максималии фоиданок аз окулярҳои фосилаи конунҳояш дақиқи маҳдуд истифода мебаранд. Бозтоби максималии фоиданок дар телескопҳои нормал аз диаметри объективи дар миллиметрҳо додаси тахминан ду баробар калон мешавад.

Боз як хислати муҳими телескоп – *қувваи ҷудокунии кунҷ* доштани он буда, сифати тасвириро тавсиф мекунад. Гарчи аз нигоҳи аввал гӯё телескоп чӣ қадар калон карда нишон диҳад, чузъҳои ҳамон қадар майдатарини объекти тасвириро дидан мумкин гуфта фикр рондан мумкин аст, аммо дар асл, ба туфайли ҳолати дифраксия, объективи босифаттарин ҳам тасвири объекти нуктавиरो дар шакли нукта сохта наметавонад. Дар ҳамвории фокалии телескоп ба ҷойи тасвири нуктаи доғчаи доирашакли бо ҳалқаҳои дифраксион иҳоташуда ба вучуд омада, (*расми 39: a* – контури тасвир; *b* – тасвири объект), диаметри кунҷи ин доғчаи доирашакл бо ифодаи:

$$\delta = \frac{\lambda}{D}$$

дар радиан чен карда мешавад; ин ҷо D – диаметри объект; λ – дарозии мавҷи рӯшноист. Агар вазифаи қабулкунаки (приёмник) афканишоти телескопро чашм иҷро карда истода бошад, барои дарёфти *қувваи ҷудокунии он* ба ҷойи λ дарозии мавҷи афканишоти ба максимуми ҳассосии спектрии чашм ростоянда ($\lambda = 5500 \text{ \AA}$) гирифта мешавад. Агар афканишот бо роҳи фотографӣ ё фотоэлектрикӣ қайд шуда истода бошад, барои λ ба таври мувофиқ, аз дарозии мавҷҳои афканишоти ба максимуми ҳассосии спектрии катоди фотокуватдиханда ё эмулсияи фотографӣ истифода мешавад. Аммо ҳаминро ҳам бояд гуфт, ки қимати дар боло ёфташудаи δ *қувваи назарии ҷудокунии телескоп* номида шуда, дар амал *қувваи ҷудокунии телескопро* дараҷаи лар-



Расми 39. Тақсимшавии равшаниии манбаи нуқтавӣ дар тасвири телескоп.

зиши лаппиши тасвир, ки дар натиҷаи талотуми қабатҳои атмосфераи Земин дар самти нури аз объект омадаистода ба вучуд меояд, ҳосил мекунад. Дарачаи ларзиш ба шароити астроиклими маҳал, калонии манораи телескоп ва сохти он, ҳамчунин омилҳои дигар вобаста мешавад.

Ин бузургӣҳо (λ ва D) дар см ҳисоб карда шавад, δ дар радианҳо мебарояд. Натиҷаи аз 1 радиан ба $\sim 0,2'' \cdot 10^6$ сонияи камон баробар буда ёфташуда ба ин адад зарб карда шавад, натиҷа ҳам дар сонияҳои камон мебарояд.

§ 31. Мафҳум дар бораи радиотелескопҳо

Дар радиоастрономия барои қайд кардани радиоафканишот аз радиотелескопҳо истифода мешавад. Одатан, радиотелескопҳо ба антеннаҳои хеле калон соҳиб буда (барои дар мавҷҳои дароз кор кардани онҳо имкон мешавад), онҳо ба қабулкунакҳои хеле ҳассос пайваست карда мешаванд. Сигналҳои қабулшуда дар онҳо пурқувват карда шуда, баъд ба аппаратаҳои қайди сигналҳои, ки ба мошинҳои электроники ҳисобкунӣ пайваст шудаанд, дода ва навишта гирифта мешавад.

Антеннаҳои радиотелескопҳо аз антеннаҳои оддии радиоалоқа фарқ карда, ба қобилияти баланди самтнокӣ соҳиб аст. Аз ҳамин боис онҳо соҳиби хоссаи ҷудо карда дидани манбаи радиоафканиш дар қисмҳои хеле хурди осмон мебошад. Қобилияти ҷудокунии телескоп, ки барои радиоафканишот андозаи муҳим ҳисобида мешавад, дар радиотелескопҳо ҳам чун дар телескопҳои оптикӣ аниқ карда шуда бо ифодаи λ/D (ин ҷо λ дарозии радиомавҷ,

D диаметри оинаи радиотелескоп) ёфта мешавад. Ин ҷо дарозии радиомавҷ аз дарозии мавҷи нурҳои оптикӣ миллионҳо маротиба дарозтар мешавад.

Антеннаи профилдори тағйирёбандаи радиотелескопи диаметраш 600 метрӣ (RATAN-600), ки дар Кавкази Шимолии собиқ Иттиҳод гузошта шуда буд, телескопи бузургтарин дар Аврупо ҳисобида мешавад. Ҳамчунин дар айни ҳол қобилияти баланди радиотелескопҳои ҷудоқунанда бо ёрдами антеннаҳои дар масофаи аз ҳамдигар дур ҷойгирифта ҳам ба амал бароварда мешавад. *Радиотелескопҳои* дар асоси ин навъ системаи радиоантеннаҳо кор кунанда радиоинферометр номида мешавад. Ин навъ системаи радиоантеннаҳо аз якдигар дар масофаи хеле дур (баъзан дар китъаҳои гуногуни Замин) ҷой гирифта, онҳо имкони мушоҳидаи радиообъект дар як вақтро доранд. Дар асоси чараёни интерференсияи радиомавҷҳои дар конуни радиотелескопҳо ҷамъшуда ба қобилияти ҷудоқунии калон муваффақ мешавад.

Айни ҳол дар сайёраамон радиотелескопҳои хеле ҳассос кор мекунанд. Радиотелескопҳои диаметри оинашон 65 м (Австралия), 76 м (Англия), 100 м (Олмон), 300 м (ИМА) ва 600 м (Россия) буда аз радиостансияҳои табиӣ кайҳон ба астрономҳо «ахбор» медиҳанд. Дар *расми 40* телескопи пурқуввати дунё, ки дар ҷазираи Пуэрто-Рикои ИМА гузошта шудааст, тасвир гаштааст.

Дар ҳудуди Ўзбекистон, дар доманаи кӯҳи Суфаи ноҳияи Зомин, вилояти Қиззах радиотелескопи азими диаметри оинаи металиаш 70 метрӣ сохта шуда истодааст (*расми 41*). Ин телескоп имкон медиҳад, ки «радиосимо»-и Кайҳон бо ҷузъиёти майдатаринаш дида шавад.



Расми 40. Радиотелескопи пурқуввати дунё, ки дар ҷазираи Пуэрто-Рикои ИМА гузошта шудааст.



Расми 41. Радиотелескопи диаметри оинаи металиаш 70 метрӣ, ки дар кӯҳҳои Зомини вилояти Қиззах сохта мешавад.

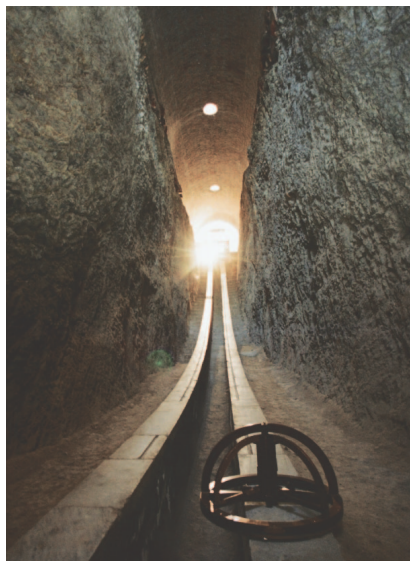
§ 32. «Телескопи асосӣ»-и расадхонаи Улуғбек

Расадхонаи Улуғбек. Дар омӯзиши ҷисмҳои осмонӣ хизмати ҳамватанони мо ҳам хеле калон аст. Яке аз онҳо набераи Амир Темури, Мирзо Улуғбек мебошад (1394–1449). Дар миёнаҳои асри XV Улуғбек астрономҳои шинохтаи Мовароуннаҳр – Қозизодаи Румӣ, Ғиёсиддин Чамшед Коширо ба Самарқанд тақлиф намуда, дар он ҷо бо онҳо дар бораи сохтани расадхонаи астрономӣ барои омӯзиши осмон, аз ҷумла, асбоби мушоҳида – сохтани *секстант* маслиҳат намуд. Олимон бо як овоз ин тақлифро тасдиқ намуданд. Дар теппагии Кӯҳаки Самарқанд ба сохтани асбоби мушоҳидаи радиусаш 40,2 метрӣ сар карданд (*расми 42*).

Бо ёрии ин асбоб олимон ҳаракати Офтоб, Моҳ ва сайёраҳо, координатаи зиёда аз ҳазор ситора дар ҳамин асос координатаҳои садҳо шаҳри Мовароуннаҳрро аниқ намуданд. Дарозии камони ин асбоб $1/6$ давраи онро, аниқтараш 70° -ро ташкил карда, қариб ба 50 метр баробар буд. Ин асбоби астрономӣ дар чуқурии 11 метр аз сатҳи Замин насб шуда, идомааш аз сатҳ боло мерафт ва баландиаш қариб 30 метр буд. Дарозии камони ба 1° баробари асбоб ба 70,2 см рост омада, дақиқии ҳисоб ба камони $10''$ баробар буд. Ин асбоби азими мушоҳида дар давоми садсолаҳо дар оқибати ҷангҳои «аз сар гузаронидаи» Самарқанд хароб шуда вайрон ва баъдтар бе изғум шудааст. Дар соли 1908 ҷойи вай аз тарафи археолог В.Я. Вяткин муайян ва аз хок тоза карда шуда, боқимондаҳои қисми зеризаминии он кушода шуд. Намуди берунии мано-



Мирзо Улуғбек



Расми 42. Қисми боқимондаи «телескоп»-и Улуғбек

раи ин телескопи калон, ки дар Самарқанд барпо шуда буд, то ҳозир аниқ набуда, дар байни олимони ҳанӯз ҳам кашмакашҳо давом дорад. Расадхонаи Улуғбек дар асрҳои миёна расадхонаи аз ҳама калони Шарқ ба шумор рафта, бо саҳеҳии ченкунӣ ва бо ҳашамати худ фарқ мекард. Дар расадхонаи Самарқанд ба ғайр аз Улуғбек боз астрономҳои шинохтаи асри миёна – Ғиёсиддин Чамшед Кошӣ, Қозизодаи Румӣ, Муйиниддин Кошӣ, Алӣ Қушчӣ қор кардаанд. Мероси олимони мактаби мазкур дар «Зич»-и махсус акс ёфтааст.

Савол ва супоришҳо:

1. Телескоп ҷисмҳои осмониро чӣ тавр калон мекунад ва наздик месозад?
2. Қадом бузургиҳои тавсифии телескопҳоро медонед?
3. Асбоби асосии мушоҳидаи расадхонаи Улуғбек чӣ ном дошт?
4. Дар бораи қорҳои асосии иҷрокардаи астрономҳо дар расадхонаи Улуғбек чӣ қорҳо медонед?

МАВҶӮИ 12. § 33. Қонунҳои афканишот ва омӯзиши табиати физикии ҷисмҳои осмонӣ бо усулҳои спектралӣ

Афканишоти аксари ҷисмҳои осмонӣ манбаи маълумоти физикӣ дар бораи онҳо мебошад. Ба воситаи омӯхтани спектри афканишоти ҷисмҳои осмонӣ дар бораи таркиби миқдории манбаи ҷирми мунир, ҳарорати он, майдони магнитӣ ва суръати ҳаракаташ дар ҳатти нигоҳ (суръати нурӣ) ва оид ба тавсифҳои физикии онҳо маълумот гирифтани мумкин аст. Ин усул *таҳлили спектралӣ* номида шуда, он ба ҳодисаи дисперсияи рӯшноӣ асос ёфтааст. Хусусан, энергияи афканишоти аз сатҳи ҷисми тафсон баромадаистода ба дараҷаи 4-уми ҳарорати мутлақи он мутаносиб аст. Энергияи аз 1 м^2 сатҳи он баромадаистода мувофиқи қонуни Стефан Болсман аз $\varepsilon = \sigma T^4$ сар мешавад, ин ҷо доимии σ ба $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К} \cdot \text{с})$ баробар аст.

Нурҳои рӯшноӣ ба монанди мавҷҳои электромагнитӣ паҳн мешаванд. Ба ҳар як ранг дарозии маълуми ин мавҷ рост меояд. Дар спектри нури рӯшноӣ дарозии мавҷи ба чашм намоён аз нурҳои сурх ба нурҳои бунафш тахминан аз 0,7 мкм то 0,4 мкм кам шуда меравад. Нурҳои ултрабунафш, ки дар спектр баъди нурҳои бунафш истода ба чашм намоён нестанд, дар фотолаваҳҳои нисбат ба ин нурҳо ҳассос қайд карда мешаванд.

Нурҳои аз он ҳам кӯтоҳи аз чирмҳои мунир меомада *нурҳои рентгенӣ* номида шуда, ба сабаби аз атмосфераи Замин гузашта натавонистани онҳо, фақат берун аз атмосфераи Замин, бо телескопҳои махсуси дар стансияҳои кайҳонӣ мондашуда наззора карда мешаванд. Ҳоло бо асбобҳои махсуси қайдкунанда радионурҳо ва нурҳои инфрасурхи дар мавзеи сурхи спектр хо-бидаро ҳам мушоҳида кардан мумкин аст.

Аз сабаби он ки атмосфераи Офтоб ва ситораҳо бо гази тафсон пӯшида шудааст, хангоми аз атмосфераи ситораҳо гузаштан афканиши спектри онҳо аз тарафи атомҳо фуру бурда мешавад ва намуди спектри фурубарии бо хатти сиёҳ буридашударо мегирад. Аз ҳамин сабаб спектри Офтоб ва ситораҳо спектрҳои фурубаранд (*расми 43*).

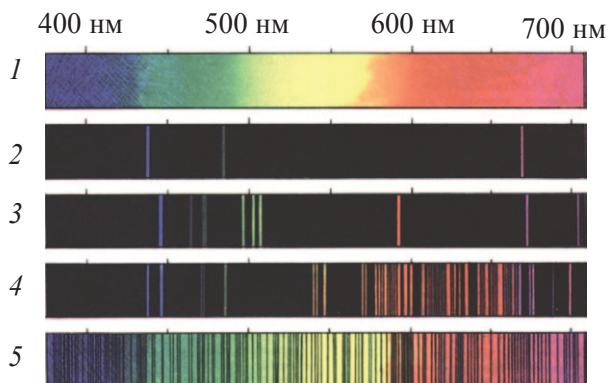
Суръати нури ҷисми осмонӣ дар нисбати самти назар ба сӯйи Замин аз рӯйи таҳлили спектри он ёфта мешавад. Агар манбаи равшанӣ ба Замин наздик шуда истода бошад, дарозии мавҷи хатҳои спектри онҳо кам мешавад, яъне дар тарафи кӯтоҳмавҷи спектр, агар он дур шуда истода бошад, дар он ҳол хатҳо ба тарафи дарозмавҷи спектр (тарафи сурхаш) мелағжад.

Ин навъ ҳодисаро дар шакли формулаи зерин навиштан мумкин аст:

$$\lambda = \lambda_0 \left(1 - \frac{v}{c}\right) \quad \text{ё} \quad v = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} c,$$

ин ҷо v – суръати нури; λ_0 – дарозии мавҷи нури аз манбаи беҳаракат ома-даистода, λ – дарозии мавҷи нури манбаи дар ҳаракатбуда ва c – суръати рӯшноист.

Аз рӯйи спектр ҳарорати ҷирми мунирро ҳам муайян кардан мумкин аст. Агар ҷирм то дараҷаи сурх шуданаш тафсонида шавад, қисми сурхи спек-



Расми 43. Спектри яклухти ҷирми мунир (1), муқоисавӣ (2, 3, 4) ва хатдори Офтоб (5).

три яклухти он аз қисмҳои дигар дида равшантар метобад. Он агар боз тафсонада шавад, соҳаи равшани спектри он ба тартиб зард, сабз, баъд ба қисмҳои ҳаворанг мелағжад. Ин ҳодиса имкон медиҳад, ки вобастагии дарозии мавҷи мутобиқбуда бо энергияи ҳадди аксари нурафкании чирми мунир ва ҳарорати манбаъро нишон медиҳад, бо ёрии формулаи Вин:

$$\lambda_{\max} T = 0,29 \text{ см.град}$$

муайян гардад.

Агар атомҳои плазмаи афкананда дар майдони магнители доғҳои Офтоб бошанд, ба қисмҳои алоҳида ҷудо шудани хатти спектри мушоҳида мешавад (хусусан, дар қисми ба ядроии Офтоб мансуб). Ин ҳодиса *эффекти Зеeman* номида мешавад. Мувофиқи эффекти Зеeman, дар вобастагӣ ба самти хатти вектории шиддатгирии майдони магнитӣ дар соҳаи мушоҳидашудаи доғ хатти спектри ба ду ё се ташкилкунанда ҷудо мешавад. Дар ин ҷо бузургии шиддати майдони магнитӣ H , ба фарқи дарозии мавҷҳои компонентаҳои сарҳадии хатҳои спектралӣ ҳосилшуда $\Delta\lambda$ мутаносиб буда, ба таври зерин ёфта мешавад:

$$H = k \Delta\lambda_H,$$

Ин ҷо k – коэффитсиенти мутаносибият буда, он ба ҳассосии магнители хатти спектралӣ вобаста мешавад.

Савол ва супоришҳо:

1. Нурҳои оптикӣ дар шкалаи мавҷҳои электромагнитӣ дар кадом интервал меҳобанд?
2. Дар шкала нурҳои ба чашм намоён ва нонамоён кадом соҳахоро ишғол мекунанд?
3. Айни ҳол дар астрономияи оптикӣ шкалаи мавҷҳои электромагнителии қисмҳои мунир дар кадом дарозииҳои мавҷ омӯхта мешавад?
4. Ҳарорати вобаста ба энергияи ҳадди аксари афканиши спектри чирми мунир дар асоси дарозии мавҷ чӣ тавр аниқ қарда мешавад?
5. Агар дар спектр майдони магнителии манбаъ бошад, шиддатнокии он чӣ хел ёфта мешавад?

БОБИ IV. ТАБИАТИ ФИЗИКИИ ЧИСМҲОИ СИСТЕМАИ ОФТОБӢ

МАВЗӢИ 13. § 34. Офтоб – ситораи наздиктарин. Маълумоти умумӣ дар бораи Офтоб

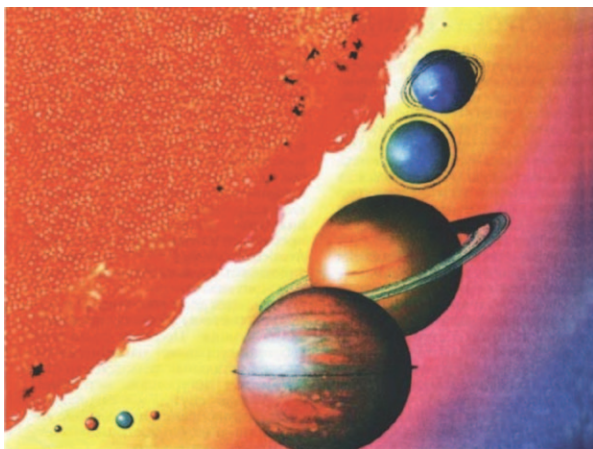
Агар Офтоб хомӯш гардад, ҳамон дам Замиро торикӣ фаро мегирад, чунки Моҳи аз ҳисоби нурҳои инъикоскардааш равшан ва сайёраҳо ҳам дар осмон нопаёдо шуда, фақат шӯълаҳои хираи ситораҳо Замиро равшан мекарду халос. Инчунин рӯйи Замиро сардии сахте ба «шиканча» мегирифт. Дар як ҳафта минтақаҳои тропикиро барф зер карда, дарёҳо аз чоришавӣ мемонд, баҳр ва укёнусоҳо то қаърашон ях баста, шамол ҳам аз вазидан бозмемонд.

Барои ҳамин ҳам Офтоб ба мо манбаи ҳаёт ба шумор рафта, аз ҳар ҷиҳат ҷисми осмони ба диққат сазовор ҳисоб мешавад. Офтоб яке аз вакилони миллиардҳо ситораҳо буда, аз ҷиҳати бузургӣ ва ҳарорат ситораи миёна мебошад. Лекин сайёраи мо – Замин ба сифати ҳамроҳи он нисбат ба дигар ситораҳо миллионҳо маротиба ба Офтоб наздик буда, Офтоб ба мо дар таҳти кунҷи калон (32') менамояд.

Замин ҳам дар қатори дигар сайёраҳо дар атрофи Офтоб аз рӯйи давра ҳаракат мекунад. Дар астрономия масофаи байни Замину Офтоб сахҷен карда шуда, он ба 149,6 миллион километр баробар аст. Он ба сифати воҳиди ченак қабул карда шудааст ва як воҳиди астрономӣ (1 в.а.) номида мешавад. Нури рӯшноӣ ин масофаро тақрибан дар 8,5 дақиқа тай мекунад. Диаметри Офтоб 1 миллиону 400 ҳазор километр буда, аз диаметри Замин тақрибан 110 маротиба калон, дигар ҳел карда гӯем, дар ҳаҷми Офтоб 1 миллиону 300 ҳазор ҷисми ҳаҷмаш ба ҳаҷми Замин баробар меғунҷад.

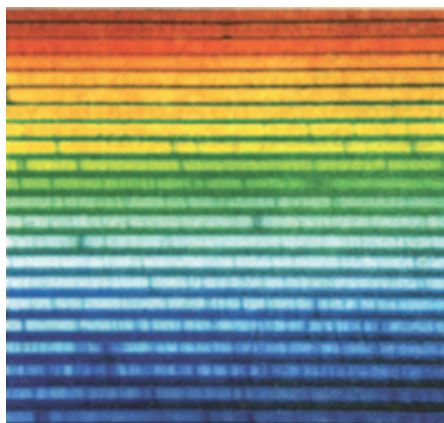
Массааш аз Замин 330 маротиба зиёд аст. Дар *расми 44* андозаҳои Офтоб ва андозаҳои ҳамроҳони он – андозаҳои сайёраҳо ба таври муқоисавӣ нишон дода шудааст. Ҳарорати сатҳи Офтоб дар шкалаи Селсий 5800 градус буда, ин ҳарорат ба тарафи маркази он зиёд шуда меравад ва дар ядрои он тақрибан ба 15 миллион градус мерасад.

Офтоб дар давоми 1 сония энергияи ба $4 \cdot 10^{26}$ Ҷ баробарро мебарорад, ки он тақрибан ба энергияи аз сӯختани 12 ҳазор триллион тонна ангишт чудошуда баробар аст. Гарчанд, миқдори энергияе, ки ба Замин меафтад кам набошад ҳам, аммо он ҳамагӣ аз 2 миллиард як ҳиссаи энергияи Офтобро



Расми 44. Андозаи муқоисавии
Офтоб ва сайёраҳо.

Расми 45. Спектри Офтоб. Дар боло:
барои қулай будан ба қисмҳо ҷудо карда
шудааст; дар поён: ба элементҳои гуногу-
ни кимёвӣ мувофиқ будани он.



Офтоб

Гидроген

Натрий

Калсий

Магний

Оҳан

ташкил медиҳад. Фишор дар маркази Офтоб ба 200 млрд атмосфера мера-
сад. Зичии миёнаи он $1,41 \text{ г/см}^3$. Офтоб қураи бузурги тафсоне мебошад, ки
газҳои онро ташкил карда нисбат ба газҳои оддӣ бо хосиятҳои ба худ хос
фарқ мекунанд, ки онро плазма меноманд.

Дар ҳолати плазма модда асосан аз атомҳои ионгашта ва электронҳои
озод иборат мешавад. Дар ин ҳел ҳаракати баланд плазма спектри бефоси-
ла медиҳад. Аммо дар ин нурафканӣ аз қабатҳои атмосфераи Офтоб гузаш-
та, аз тарафи атомҳои гуногун ба туфайли фурубарии мавҷи нурҳо спектри
Офтоб ба спектри фурубурд табдил меёбад (расми 45). Офтоб ҳам монанди
ҳамаи ҷисмҳои осмонӣ дар атрофи меҳвари худаш давр мезанад. Аммо давр-
зани он дифференциал буда, даври чархзани вай аз рӯи соҳаи экватор ба
ҳисоби миёна 25 шабонарӯз, соҳаи кутбҳо бошад, 28–29 шабонарӯзро таш-
кил медиҳад.

Доими Офтоб ва равшани Офтоб. Дар масофаи миёнаи аз Замин то
Офтоб ба беруни атмосфераи Замин ба сатҳи 1 см^2 , ки перпендикуляр ба
самти нурҳои аз Офтоб меомада аст, миқдори энергияи дар давоми 1 дақиқа
афтада доими Офтоб номида мешавад. Миқдори энергияи аз Офтоб оян-

да аз тарафи олимон омӯхта шуда, қимати он ба $2 \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \cdot \text{мин}}$ ё дар воҳиди байналхалқӣ ($1,4 \cdot 10^3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$) буданаш маълум шуд.

Энергияи пурраи нурафкании Офтоб, ки дар ҳамин асос ёфта шудааст, яъне равшании онро ба таври зерин ёфтан мумкин аст ва он ба $L_0 = 4 \cdot 10^{26}$ Вт баробар мешавад.

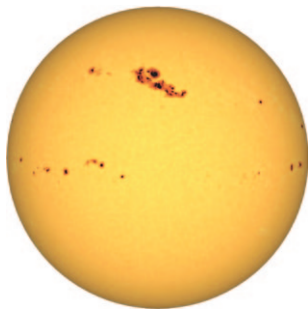
Барои ин доимии Офтобро ба ($1,4 \cdot 10^3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$), сатҳи кураи радиусаш 1 в.а. буда зарб задан лозим аст. Аз ин ҷо маълум мешавад, ки энергияи Офтоб аз энергияи ГЭС и пуриқтидори Красноярск ($6 \cdot 10^6$ кВт) $6,67 \cdot 10^{16}$ маротиба зиёдтар аст.

Савол ва супоришҳо:

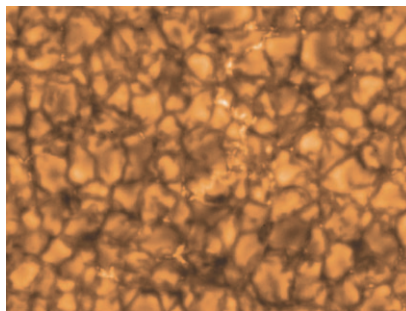
1. Офтоб чӣ гуна ҷисми осмонӣ аст?
2. Андозаҳои Офтобро бо андозаҳои Замин муқоиса намоед.
3. Фотосфераи Офтоб ба кадом спектр соҳиб аст?
4. Он аз кадом модда ва элементҳо таркиб ёфтааст?
5. Доимии Офтоб гуфта кадом бузургиро мегӯянд?

§ 35. Фотосфераи Офтоб ва сохторҳои он. Доғҳои Офтоб

Қабати поёнии атмосфераи Офтобро, ки асосан нури мавҷи дарозиаҷа дар ҳудуди ба чашм намоёнро меафканад, фотосфера меноманд (*расми 46*). Бо ёрии телескоп фотосфераро мушоҳида намуда дидан мумкин, ки сатҳи он



Расми 46. Фотосфераи Офтоб
(бо доғҳояш)

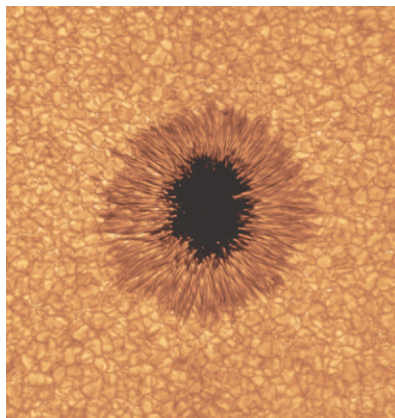


Расми 47. Сохти ҳақиқии сатҳи
Офтоб—донадорӣ (гранулятсия)

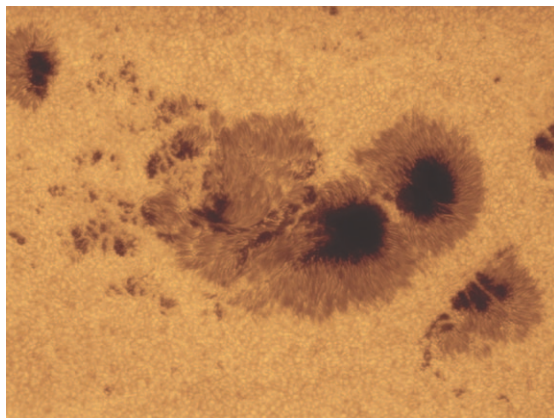
аз гардиши дорои равшании якзайл фарқ мекунад. Дар стратосфера бо ёрии телескопҳои калон тасвири Офтобро ҳосил намуда, дар сатҳи ин чизҳои ба лонаи занбӯри асал монанд, донаҳои дурахшонро мебинем. Ин гуна сохти донадорӣ дар фан гранулятсия номида мешавад («гранула» – донаи майдаро мефаҳмонад). Дар солҳои баъдина расмҳои он бо ёрии телескопҳои офтобӣ, ки дар балонҳои бо гази гелий пуршуда ба стратосфера бароварда шудаанд, гирифта шудаанд. Бо ёрии ин расмҳо равшании гранулаҳо, даври «ҳаёт» ва барои омӯзиши спектралӣ бисёр маълумотҳои дигари табиати физикӣ гирифта шуд. Аз ҷумла, маълум шуд, ки дар ин сохти донадорӣ, ҷараёни конвексионии дар фотосфера ба амал омада инъикос меёбад. Андозаи гранулаҳо ба ҳисоби миёна 500 километр буда, дар асл аз 200 километр то андозаҳои 700–800 километр воমেҳӯрад (*расми 47*).

Бо ёрии телескопҳо дар фотосфера ғайр аз гранулаҳо лаккаҳои шуъламонанди занҷиршакл дар тасвири Офтоб ба назар менамояд. Ин хел лаккаҳоро машъалҳо меноманд. Машъалҳо асосан бо доғҳои Офтоб якҷоя воমেҳӯранд.

Доғҳои Офтоб – ҷазираҳои магнитӣ *. Объекти аз ҷиҳати табиати физикӣ ба муаммоҳо бой фотосфераи Офтоб – доғҳо (*расми 48*) мебошад. Калони доғҳои Офтоб ҳар хел буда, андозаи онҳо аз якчанд ҳазор километр то якчанд сад ҳазор километр мерасад. Нахустин бор соли 1610 бевосита ба қабати сатҳи Офтоб мансуб будани доғҳоро Галилей бо ёрии телескопи сохтаи худ аниқ кардааст.



а)



б)

Расми 48. Доғҳои Офтоб: а) доғи рост б) гурӯҳи доғҳо.

Аз ҳамин вақт сар карда, дар давоми 4 аср олимон бисёр муаммоҳои доир ба доғҳои Офтобро, аз ҷумла пайдошавӣ ва инкишофи он, як қатор муаммоҳо оид ба табиати физикии онро ҳал намуданд. Дар доғҳои Офтоб майдони магнитии пурзӯр мучассам шудааст.

Одатан доғҳо дар Офтоб дар ҳолати якка кам вомахӯранд (*расми 48 а*). Онҳо одатан дар шакли гурӯҳҳо вомахӯранд (*расми 48 б*). Дар гурӯҳи доғи маълум ғайр аз як ё ду доғи калони дорои қутбҳои гуногуни магнитӣ боз якчанд доғи майда мешавад. Ҳарорати доғҳои Офтоб аз ҳарорати фотосфера ба ҳисоби миёна 1500 °С паст буда, ба туфайли ин дар фотосфера сиёҳчатоб менамояд.

Даври «ҳаёти» доғҳои Офтоб гуногун буда, аз якчанд рӯз то як-ду моҳ давом мекунад. Доғҳои даврашон як-ду моҳ буда бисёр вонамехӯрад. Доғҳо дар ҳама қисмҳои сатҳи Офтоб пайдо нашуда, фақат дар соҳаҳои арзи аз $\pm 5^\circ$ то $\pm 40^\circ$ дида мешаванд.

Яке аз муаммоҳои ба физикаи Офтоб тааллуқдошта, дар давоми солҳо системанок тағйир ёфтани шумораи онҳо мебошад. Маълумоти оид ба шумораи доғҳои Офтоб дар давоми қариб 100 солро чамъ намуда, дар давоми якчанд даҳсолаҳо системанок мушоҳида кардани доғҳоро ба роҳ монда, олими хаваскори шветсариягӣ Рудолф Волф тағйирёбии шумораи доғҳо ва даври миёнаи доғҳо ба 11,1 сол баробар буданаширо аниқ намуд.

Доғҳои Офтоб яке аз чараёнҳои фаёли Офтоб буда, бо ҳамаи дигар ҳодисаҳои дар қабатҳои атмосфераи Офтоб бавучудоянда бевосита алоқаманд мебошад. Ба туфайли ин, даври ба 11,1 сол баробар будаи доғҳои Офтоб ҳамчун даври фаёли Офтоб қабул карда шудааст.

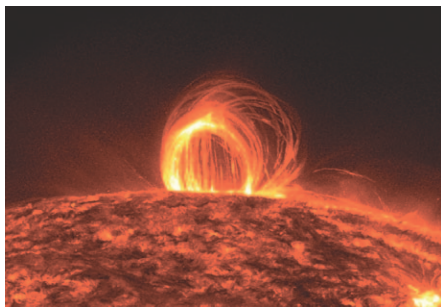
Савол ва супоришҳо:

1. Фотосфераи Офтоб гуфта кадом қабати онро мефаҳмед?
2. Дар фотосфераи Офтоб дар шароити хуб кадом объектҳо мушоҳида мешаванд?
3. Гранулятсия (донадорӣ) сохтори кадом намуд аст?
4. Дар бораи таърихи кашфи доғҳои Офтоб нақл кунед.
5. Доғҳо дар фотосфера чаро сиёҳчатоб менамоянд?
6. Хусусияти майдони магнитии доғи алоҳида ва гурӯҳи доғҳо дар чист?
7. Дар Офтоб миқдори доғҳо ба ҳисоби миёна бо кадом давр тағйир меёбад?

МАВЗЎИ 14. § 36. Хромосфераи Офтоб ва тоҷи он

Протуберанесҳо – «забонаҳо»-и аланга. Қабати аз фотосфера баланди Офтоб хромосфена номида шуда (аз юнонӣ «*chromos*» – ранг), баландиаш то 14000 км мерасад (*расми 49*). Яке аз объектҳои дар ин кабат вохӯранда протуберанесҳост. Ин объекти Офтоб бо намуди беруниаш «забонаҳо»-и алангаи гулханро ба хотир меорад. Спектри «забонаҳо» ба аниққунии бузургҳои физикии фишори онҳо, ҳарорат ва муайян кардани ҳаракат имкон медиҳад.

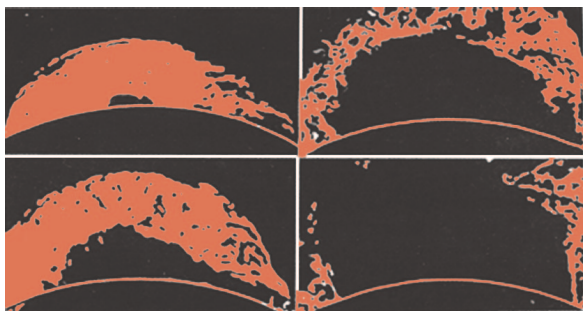
Хусусан соли 1920 олими фаронсавӣ И. Петит таклифе кард, ки вай то ҳол ба қор бурда шуда, мувофиқи он хатҳои махсуси спектри хромосфера бо суръати калон (16 кадр дар як сония) ба наворбардорӣ имкон дода ва барои омӯзиши таҳаввулоти протуберанесҳои тез тағйирёбанда даст омад. Протуберанесҳо ҳам монанди нурафканиҳои хромосфера дар хатҳои ионшудаи калсий (H ва K) ва гидроген дар хатти сурх (H α – дарозии мавҷаш 6562Å, 1 Å = 10⁻⁸ см) нурафканиҳои пурзӯре медиҳад. Барои ҳамин ҳам вай дар бисёр обсерваторияҳо (аз ҷумла, дар обсерваторияи Тошканд) дар телескопҳои бо филтрҳои монохроматӣ ҷиҳозонидашуда, ки дар хатти номбаршуда мавҷи дарозиаши мувофиқро мегузаронад, омӯхта мешавад. Протуберанесҳо дар ин нур (6562 Å) дар тасвири хромосфера ба диски Офтоб проексия шуда, дар намуди торҳои хамгаштаи сиёҳ мешавад. Қутри Офтобро дониста андозаи ин торҳо (протуберанесҳо) муайян карда мешавад. Бари онҳо 6000–10000 км, дарозиаши бошад то якчанд сад ҳазор километр



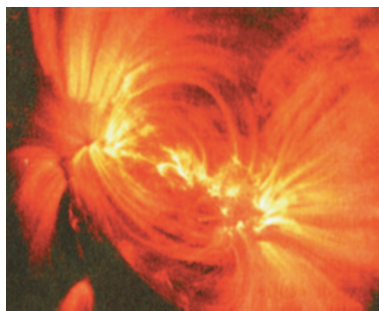
Расми 49. Яке аз объектҳои бузургтарини хромосфера – протуберанесҳо.

шуда метавонад. Баландии протуберанесҳо дар намуди забонаи аланга аз канори Офтоб баромада, аз якчанд сад ҳазор километр кам нашуданаш яке аз ҷараёнҳои калон ба шумор меравад.

Дар инкишофёбии протуберанесҳо нақши майдонҳои магнитӣ калон аст. Чен кардани қувватгирии майдони магнитии ба онҳо тааллуқдошта ба туфайли каме бошад ҳам мураккабии таҷриба, фақат дар солҳои 60-уми асри гузашта ба роҳ монда шуд.



Расми 50. Инкишофи протуберанесҳои фаёли вобаста ба доғҳои Офтоб.



Расми 51. Объекти пуркувваттарини хромосфера – афрӯзишҳо.

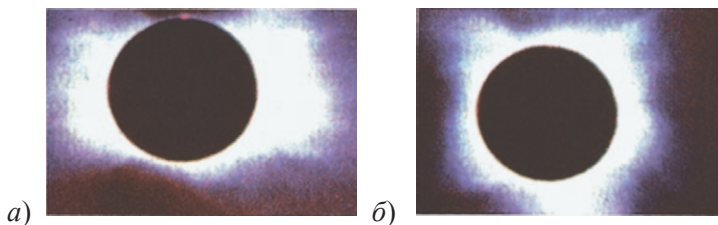
Протуберанес нисбат ба хромосфера абрҳои плазмагии зиче (харораташ 5000–10000 °С, зичиаш – ба 1 сантиметри мураббаъ 10^{10} – 10^{12} зарра рост меояд) иборат буда, бо тоҷи офтобӣ печонида шудааст, ки вай қариб 100 маротиба гармтар мебошад. Протуберанесҳо дар канори гирдаи Офтоб дар намудҳои теппа, ғарами алаф, ҳалқашакл ва ғайра мешавад. Онҳоро аз рӯйи фаёлиашон ба гурӯҳҳои сокин, фаёл ва еруптив (тарканда) чудо намуда меомӯзанд. Протуберанесҳои фаёл ва еруптив бо доғҳои Офтоб бевосита алоқаманд мешаванд (*расми 50*).

Афрӯзишҳои хромосфера. Яке аз қараёнҳои пуркувати дар Офтоб мушоҳидашуда афрӯзишҳои хромосфера мебошад (*расми 51*). Дар давоми якҷанд дақиқа энергияи аз он чудошуда аз 100 триллион то ҳазор квадриллион киловатт (10^{14} – 10^{18} кВт) мерасад. Дигар ҳел карда гӯем, энергияи аз як афрӯзиши Офтоб чудошаванда ба энергияи захираи сӯзишворихои тамоми Замин, ки дар вақти сӯхтан чудо мешаванд, баробар аст.

Афрӯзишҳои хромосфера бо доғҳои Офтоб алоқаманд буда, асосан дар назди соҳаҳои доғдори Офтоб дучор меоянд.

Аз рӯйи ҳолати спектри атомҳо ҳаракати газро дар соҳаҳои афрӯзиш омӯхта, суръати қараёни зарраҳои аз Офтоб парида бароянда аз 500 то 1000 километр дар як сония буданаш маълум мешавад. Селаи заррачаҳои корпускулави тунуке, ки аз Офтоб мебарояд, «шамоли Офтоб» номида мешавад. Ин ҳел «шамол» дар 1,5–2 рӯз ба мадори Замин расида меояд. Шамоли Офтоб ба Замин расида омада, дар бисёр ҳодисаҳои геофизикӣ акси худро меёбад ва ба биосфера ҳам таъсири худро мерасонад.

Расми 52. Вобаста будани тоҷи Офтоб ба дараҷаи фаъолии он: а) дар максимуми фаъоли; б) паст шудани фаъоли.



Тоҷи офтобӣ. Дар вақти гирифтӣ пурраи Офтоб, яъне ҳангоми Моҳ вайро пурра панаҳ намудан дар атрофи Офтоб дар партави сиёҳи осмон дар масофаи 1–2 радиуси Офтоб (баъзан аз он ҳам зиёд) шӯълаҳои хираи нукрагун мушоҳида мешаванд (расми 52). Ин ҳодисаи тоҷи офтобӣ номидашавандаро одамон аз қадим ҳангоми гирифтҳои пурраи Офтоб мушоҳида мекарданд.

Шакли умумии тоҷ ба дараҷаи фаъолии Офтоб бевосита алоқаманд буда, вай дар даври шумораи доғҳо ба *максимум* расидан атрофи Офтобро аз рӯи ҷойгиршавии соҳаҳои фаъоли рӯшноӣ дар баландии гуногун мепечонад (расми 52 а), дар даври *минимум* бошад, шӯълаҳои нукрагун дар ҳамвории экватор ба баландии калон мебарояд (расми 52 б).

Тағйиротҳои дар тоҷ мушоҳидашуда, аз ҷумла, хусусиятҳои сохти тоҷ бо ҳодисаҳои фаъоли дар қабатҳои зери тоҷи атмосфераи Офтоб вобаста буда-нашро нишон медиҳад. Чараёни аз рӯи радиус дарозшуда ва равшани дар тоҷи офтобӣ буда асосан дар болои соҳаҳои доғдори фотосфера дучор мешавад.

Қисми дар радиодиапазон қувватнок нурафканӣ кунандааш ба қабати тоҷи атмосфераи он рост меояд.

§ 37. Манбаи энергияи Офтоб *

Аз рӯи қонуни универсалӣ барои энергияи табиат маълум аст, ки энергия ба ҳосияти нигоҳдорӣ соҳиб аст, вай нест намешавад ва баръакс, аз нест ба вучуд намеояд. Модоме ҳамин тавр будааст, пас манбаи энергияи Офтоб ва ҳазорҳо ситораи дурахшони шабона дар чист? «Синни» муайян кардашудаи Офтоб қариб 4,8 миллиард солро нишон медиҳад. Дар давоми даври ин ҳал калон Офтоб беҳир нур меафканад. Аз ин ҷумла ҳал кардани муаммо дар бораи аз ҳисоби кадом чараёни физикӣ пур карда шудани энергияи гумкардаи ситораҳо орзуи азалии астрономия ба шумор меравад. Дар солҳои 1938–1939 астрофизикҳо А.Едингтон, К. Вейсзеккер ва Г.Бётелер

бо тарзи назариявӣ ҳисобу китоберо кор карда баромаданд, ки мувофиқи он реаксияҳои ядрои манбаи энергияи ситораҳо шуда метавонад.

Маълум аст, ки протон ва электрон, ки ядрои атомро ташкил мекунанд, ба якдигар бо қувваи ҷозиба вобаста буда, ба ҳамин мувофиқ, соҳиби энергияи ниҳоят калон мебошанд. Агар дар ин вобастагӣ ба ядрои атом аз берун боз як протон ё нейтрон дарояд, вай ядрои нав ҳосил мекунад ва аз ядро энергияи назаррас ҷудо мешавад, Чунки заррачаи нав ба зарраҳои ядро зам шуда, бо қувваҳои ядрои бо онҳо алоқаманд мешавад. Дар натиҷаи ин энергияи зиёдагии пайдошуда аз ядро бо протон ё нейтрон, ё худ бо электрон, ё позитрон баромада меравад. Ин ҳел ҳодиса реаксияи ядрои номида мешавад. Лекин ба даруни ядро даромадани протон ё нейтрон осон нест. Барои ин зарур аст, ки заррачаи ба ядрои атом ҷамъшаванда бояд то ба дараҷаи таъсири қувваҳои ядрои наздик ояд (барои протон бошад, ба қувваи таладихандаи ядро ғолиб омада), яъне протон ё нейтрони ҷамъшаванда ба тарафи ядро бо суръати калон (яъне бо энергия) наздик шуданаш лозим мешавад.

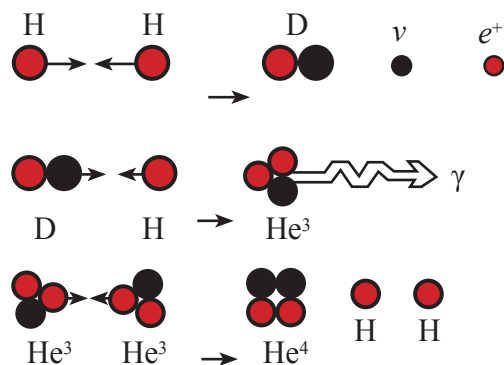
Ҳисобкунии назариявӣ маълум кард, ки дар маркази ситораҳо (аз ҷумла, дар Офтоб) ҳарорат якчанд миллион градус буда, ба протонҳо ҳамин ҳел суръати баландро дода метавонад ва дар он ҷо барои *реаксияи термойдрои* шароити мусоид ҳаст. Нейтрон бошад, дар ин ҳел ҳароратҳои баланд дар бадали тақрибан ним соат ба протон, электрон ва нейтронҳо тақсим мешавад ва бо ҳамин дар реаксияҳои ядрои иштирок накарданашро нишон медиҳад.

Реаксияи маркази ситораҳо (чорто протон якҷоя шуда, якто ядрои атоми гелийро ҳосил кардан) бефосила тақрор шуда, ба туфайли нурафкании ситораҳо энергияи ба фазо паҳншудаистодаро пур карда меистад. Массай ҳар як протон бо воҳидҳои атом 1,00813-ро ташкил карда, аз он чорто протон 4,03252 мешавад. Массай ядрои атоми гелий 4,00389 буданашро ба эътибор гирем, он гоҳ воҳиди вазни атом $-0,02863$ ($4,03252 - 4,00389 = 0,02863$) баробари ин массай ҷудошаванда ба энергияи пайваستا массай эквивалент буда, вай дефекти масса номида мешавад. Энергияи ҳангоми якто ядрои атом ҳосил шудан ҷудошуда дар асоси формулаи Эйнштейн ба:

$$E = mc^2 = 1,67 \cdot 10^{-24} \cdot 0,02863 \cdot (3 \cdot 10^{10})^2 = 4,3 \cdot 10^{-5} \text{ эрг}$$

баробар мешавад. Ин ҷо: $c = 3 \cdot 10^{10}$ см/с – суръати рӯшноӣ, m – дефекти масса аст. Ҳисобкуниҳо нишон дод, ки дар ҳар як сония аз Офтоб энергияи ба $4 \cdot 10^{26}$ Вт баробар ҷудо мешавад, яъне ба мизони энергияи дар ҳар сония гумшудаистода ҳосил шудани энергияи нав маълум мегардад. Дар вақти ҳозира дар бо-

Расми 53. Чараёни рӯй додани реаксияи протон-протон дар ядрои Офтоб (H – гидроген, D – дейтерий, ν – нейтрино, e^+ – позитрон, He^3 – изомери гелий, He^4 – гелий, γ – гамма квант).



раи ҳосил шудани ядрои гелий аз чор протон ду реаксияи пайдарпай маълум буда, якуми онҳо *сикли протон-протон* (расми 53) (айнан дар маркази Офтоб рӯй меодагӣ) дуҷумлаш бошад, *сикли карбон-натрий* (аксаран дар маркази ситорае, ки ҳарорати сатҳаш баланд аст, рӯй медиҳад) номида мешавад.

§ 38. Фаъолияти Офтоб ва таъсири вай ба Замин *

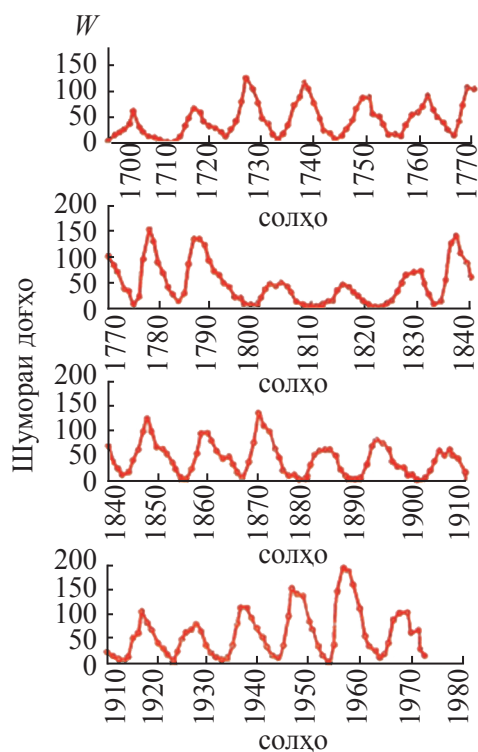
Бисёр ҳодисаҳои физикӣ ва биологие, ки дар Замин мушоҳида мешаванд, хусусан, тағйирёбии онҳо, даври такроршавии бемориҳои гуногун, ҳодисаҳои ионосфера, «тӯфонҳо»-и майдони магнитии Замин, хавфи ба вучуд омадани радиатсия барои кайҳоннавардон ва ғайра ба чараёнҳои гуногуни фаъол, ки дар Офтоб ба амал меояд, вобаста аст, ки аллакай ба фан маълум аст. Гарчанд ин муаммо пурра нашудааст, дар омӯзиши алоқамандии фаъолияти Офтоб бо ҳодисаҳои, ки дар Замин мушоҳида мешаванд, яъне ҳодисаҳои номбаршуда, бисёр муваффақиятҳо ба даст оварда шудааст.

Вобастагии ин ду ҷисми осмонӣ, ки аз якдигар дар масофаи 150 миллион километр ҷойгиранд (Офтоб ва Замин) чӣ тавр маънидод карда мешавад? Дар ин масофаи калон нақши воситаҷиро чӣ мебозад?

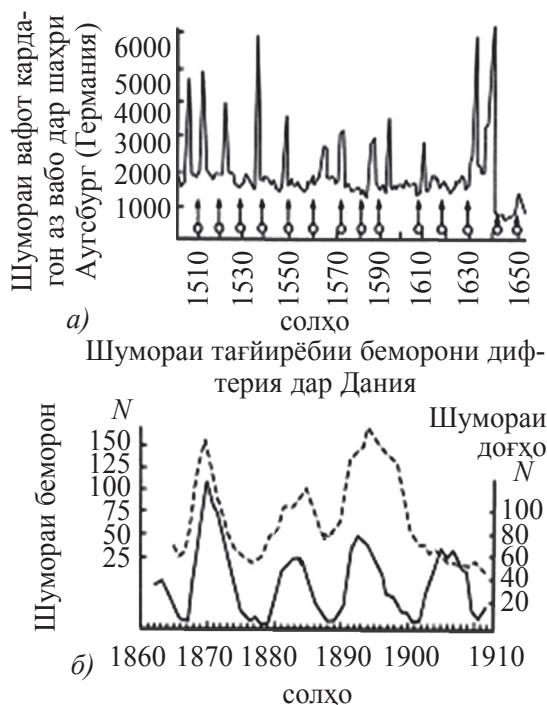
Манбаи ҳаёт дар Замин Офтоб буданаш ва дар он нурҳои Офтоб равшанкунанда, воситаи асосии гармибахшанда буданаш аз қадим маълум аст. Лекин дар солҳои баъдина, дар диапозони мавҷҳои кӯтоҳи ба чашм нонамоёни мавҷҳои электромагнитии Офтоб ҳам нурафкании фаъол муайян карда шуд. Ин нурҳо, нурҳои ултрабунафш, рентгенӣ ва гамма нурҳо буда, ҳодисаҳои фаъолияти Офтоб ба афзоиши шадиди ин нурҳо чун манбаи асосӣ хизмат мекунад.

Ба туфайли афрӯзишҳои Офтоб ва таркишҳои еруптивии протуберанесҳо ба ҷараёни ин нурҳои заррачаҳои элементарии заряднок ҳамроҳ мешавад. Шадидияти ин ҷараёнҳо, ки «шамолҳои Офтоб» номида мешавад, мувофиқи фазаи фаъолии Офтоб тағйир меёбад.

Заррачаҳои корпускулавии радиатсия ба дараҷаи фаъолии Офтоб вобаста буда, бо тағйирёбии шумораи доғҳои Офтоб як хел ба амал меояд. Дар *расми 54* фаъолии Офтоб ва тағйирёбии он дар давоми якчанд даҳсолаи охир тасвир карда шудааст. Бешубҳа «шамолҳои Офтоб» ба Замин расида омада, боиси ҳодисаҳои гуногуни геофизикӣ, аз ҷумла, сабаби баромада омадани «*тӯфонҳои магнитӣ*» мешавад. Фаъолии офтоб дар навбати аввал дар қабатҳои болоии атмосфераи Замин акси садо дода, *Фаҷри зебои кутбиро*



Расми 54. Ҷадвали тағйирёбии фаъолии Офтоб (миқдори доғҳо дар солҳо)



Расми 55. Алоқамандии фаъолии ҳадди аксари Офтоб (доирачаҳо) бо фазаҳои паҳншавии бемориҳои вабо (а) ва дифтерия (б).

ба вучуд меорад. Радиатсияи Офтоб ҳамчунин, дараҷаи ионнокшавии ионосфераро якбора зиёд мекунад. Ин бошад, дар навбати худ ба гузаронандагии электрикӣ, қобилияти инъикос кардани нурҳои электромагнитӣ таъсири манфӣ мерасонад.

Баъзан селайи пурқуввати корпусулаҳои аз Офтоб меомада дар моносфера дараҷаи фурубӯрди мавҷҳои электромагнитии кӯтоҳмавҷро ба дараҷае зиёд мекунад, ки дар натиҷаи ба дараҷаи баланд ионнокшавии атомҳо ба масофаи калон паҳн кардани радиомавҷҳои кӯтоҳ дар тӯли якчанд дақиқа қандашавӣ рӯй медиҳад.

Дар омӯзиши вобастагии фаъолиии Офтоб ва касалиҳои сироятӣ ҳиссаи олими рус профессор А.Л.Чижевский қалон аст. Вай касалиҳои тез паҳншаванда: муромурӣ, вабо, дифтерия, тифи баргарданда барин касалиҳоро омӯхта, саршавӣ, инкишоф ва ба охир расидани онҳо, ба фазаҳои фаъоли Офтоб мувофиқ омаданаширо муайян кардааст (*расми 55*).

Р.П.Богачева ва В.М.Бойко барин олимони бошанд, дар давоми якчанд даҳсолаҳо полимиелит (шамолхӯрии вирусноки майна) ном беморӣ ва динамикаи онро дар Рига ва Ўзбекистон омӯхта, авҷи ин касалӣ ба фаъолиии Офтоб мувофиқ омаданаширо муайян намуданд. Олимони афрӯзишҳои Офтоб ва таъсири он ба касалиҳои дил ва рағҳои хунгузарро омӯхта муайян намуданд, ки дар байни афрӯзишҳои Офтоб ва бемориҳои асаб ва дил алоқамандии пурзӯре мавҷуд аст.

Мо ба таъсири фаъолиии Офтоб ба шароити иқлими Замин, биологияи растаниҳо ва дигар чараёнҳо ва муаммоҳо наистодем. Лекин санчишҳо нишон медиҳад, ки фаъолиии Офтоб дар ин чараёнҳо ҳам акси худро ёфтааст.

Савол ва супоришҳо:

1. Кадом қабати атмосфераи Офтоб хромосфера номида мешавад?
2. Оё байни протуберанесҳо ва доғҳои Офтоб алоқамандӣ ҳаст?
3. Қуввати афрӯзишҳои хромосфераро чӣ хел тасаввур мекунад?
4. Радиоафканишоти офтобӣ асосан дар кадом қабати атмосфера рӯй медиҳад?
5. Манбаи энергияи Офтоб дар чист?
6. Фаъолиии Офтоб бо шумораи кадом объектҳои он муайян мешавад?
7. Фаъолиии Офтоб ба кадом ҳодисаҳои атмосфераи Замин ва кадом беморҳо таъсири манфӣ мерасонад?

МАВЗЎИ 15. § 39. Сайёраҳои мушобеҳи Замин. Меркурий (Уторид) ва Венера (Зухра)

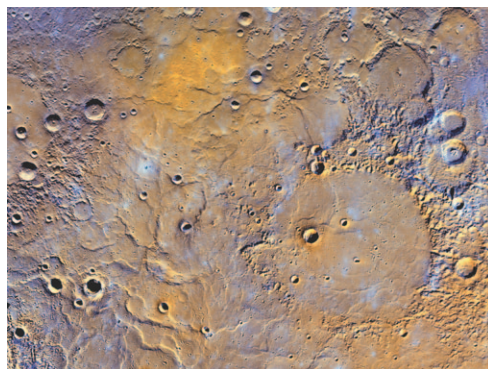
Меркурий (Уторид). Дар байни нӯҳ сайёраи низоми Офтоб Меркурий ба Офтоб наздиктаринаш буда, онро дар қадим арабҳо Уторид номидаанд. Мадори Меркурий аз дигар сайёраҳо фарқ карда, дар шакли эллипси дарозрӯя аст. Аз ҳамин рӯ, масофаи байни Меркурий ва Офтоб аз 0,31 то 0,47 воҳиди астрономӣ тағйир ёфта меистад. Масофаи байни Меркурий ва Офтоб ба ҳисоби миёна 57,91 миллион километрро ташкил мекунад. Диаметри Меркурий 4879 километр буда, қувваи ҷозибаи сатҳи он аз Замин 2,6 маротиба кам мебошад. Ба дигар таъриф, одаме, ки дар Замин 80 кг вазн дорад, дар Меркурий ҳамагӣ 30 кг вазн дораду ҳалос. Меркурий аз рӯи мадори худ бо суръати тақрибан 48 км/с ҳаракат намуда, дар тӯли 87,97 шабонарӯз пурра дар атрофи Офтоб гардиш мекунад.

Ҳарорати миёнаи рӯзонаи сатҳи Меркурий то +345 дараҷа (дар вақти қиёми Офтоб то +480 дараҷа аз рӯи шкалаи Селсий) баромада, шабона то -180 дараҷа поён мефарояд.

Стансияи автоматикии байнисайёравӣ соли 1974 то ба масофаи 47 ҳазору 981 километр ба Меркурий наздик шуда, қариб 500-то тасвири босифати сатҳи онро гирифта тавонист. Тасвирҳо нишон доданд, ки «тарҳи рӯй»-и Меркурий ба Моҳ хеле монанд мебошад. Чуноне ки тасвирҳои аз стансияи «Маринер-10» гирифташуда нишон медиҳанд, сатҳи Меркурий ҳам чун Моҳ



Расми 56. Сатҳи Меркурий (тасвири АК «Маринер-10» гирифта).



Расми 57. Релефи сатҳи Меркурий.

аз зарбҳои шихобпораҳо ало-булову бо кратерҳои калониашон гуногун пур аст (*расмҳои 56 ва 57*).

Зичии чинсҳои сатҳи Меркурий чун Моҳ, яъне 3,0–3,3 г/см³ буда, 5,44 г/см³ будани зичии миёнаи он далолат ба ин аст, ки дар қисми марказии он ядроии филизӣ ҳафт ё ки ҳеҷ набошад, чинсҳои силикатӣ таҳти фишори баланд ба ҳолати метал гузашта истодаанд. Сайёра дорои атмосфераи бисёр тунук аст.

Меркурий радиф надорад.

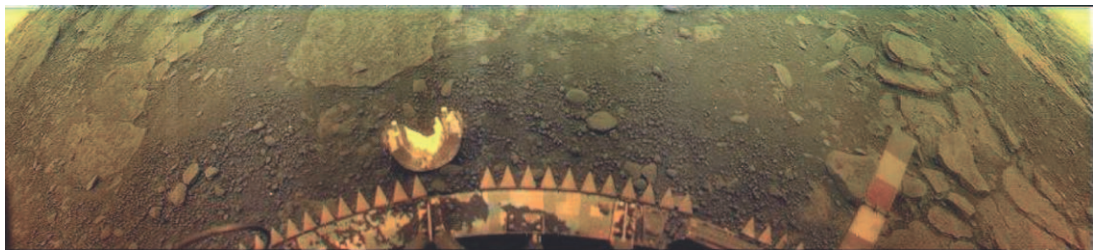
Венера (Зухра). Ин сайёра одатан ба исми худои ишқу муҳаббати асотири Рими қадим ном бурда шуда, масофааш то Офтоб 108 миллион километр аст. Венера аз рӯйи мадораш бо тезии 35 км/с ҳаракат намуда, дар тӯли 225 шабонарӯз гирди Офтобро пурра давр мезанад.

Сайёраи Венера, ки аз ҷиҳати равшанӣ баъди Офтобу Моҳ дар ҷойи сеюм меистад, аз қадим диққати одамонро ба худ кашида, дар партави ситораҳои беҳаракат аввалин чирми осмонии «рахгумзада» аст, ки ҳаракат намуданаш ошкор шудааст. Ба ивази ҳамин, Венера номи «ситораи сахар»-ро гирифтааст.

Ҷанӯз соли 1610 Г. Галилей тавассути телескопи сохтаи худаи Венера-ро муоина карда, гувоҳи он шуд, ки чун Моҳ Венера низ фазаҳои гуногун дошта метавонад. Ин ҳодиса далели аввалин бар он буд, ки Венера низ чун Моҳ ҷисми осмонии курашакл аст. Андозаҳои Венера қариб ба мисли Замин буда, диаметраш 12 ҳазору 100 километро ташкил медиҳад.

6 июни соли 1761 ҳаракати ин сайёра дар курси Офтоб тарҳ ёфт. Олими рус М. Ломоносов, ки ин ҳодисаи ғароибро мушоҳида карда буд, аниқ қард, ки Венера атмосфераи ғализ дорад. Услубҳои нави бо аппаратҳои кайҳонӣ омӯхтани сайёра, ки солҳои 60-уми асри XX оғоз шудааст, имкони даркушодани муаммову асрори зиёди Венераро дод. Дар натиҷа, даврҳои ҳақиқии дар гирди меҳвари худ ва гирди Офтоб давр задани Венера аниқ қард шуд.

Чуноне маълум гашт, меҳвари даврзании сайёра нисбат ба ҳамвории мадораш қариб рост ҷойгир шуда (аниқтараш 93°), дар он чун дар Замин ивазшавии фаслҳо мушоҳида намешавад. Ва боз аз мушоҳидаҳои радиолокатсионӣ маълум гашт, ки даври гардиши Венера дар атрофи меҳвари худ нисбат ба ситораҳо ба 243 рӯз баробар буда, он аз байни Системаи офтобӣ ягона сайёраест, ки аз шарқ ба ғарб давр мезанад. Як рӯзи «ситораи сахар», яъне даври нисбат ба Офтоб гирди меҳвари худ чарх задани он ба 117 рӯзи Замин баробар буда, як солаш аз 2 рӯзи Замин андак камтар мебошад.



Расми 58. Расмҳои аз тарафи «Венера-14» гирифташудаи Венера.

Хусусан, АК (аппаратҳои кайҳонӣ) «Венера-14» ва «Венера-15», ки ба саёхати Венера парвоз карда буданд, дар таърихи омӯзиши сайёра аҳамияти махсус касб кардаанд. Аппарати ба сатҳи сайёра шинандаи «Венера-14» тасвирҳои бевосита гирифтаи нахустинашро ба Замин ирсол кард (*расми 58*).

«Пионер-Венера -1 ва -2» -и ИМА, ки баъдтар парвоз карданд, дар бораи атмосфераи Венера ва сатҳи он маълумоти зерини дигарро ба даст оварданд: фишори атмосфераи Венера хеле баланд буда, дараҷаи барои олимон ғайриҷашмдошт – 90 атмосфера буданаш ошкор шуд. 97% онро ангидриди карбонат, тақрибан 1% буғҳои об ва 1,5%-ро оксиген ташкил додана маълум гашт. Ҳарорати назди сатҳи сайёра ба +470 °C мерасад. Ин қадар баланд будани ҳарорат бо бисёрии ангидриди карбонат дар атмосфераи сайёра асоснок мешавад.

Ба воситаи усулҳои махсус омӯхта шудани тақсимшавии нур дар абрҳо, қатрачаҳои онҳо нишон доданд, ки моддаи ин абрҳо асосан аз маҳлули оби 75–85% кислотаи сулфат иборат мебошад. Суръати шамол, ки дар баландии 40 километр ба 100–140 м/с мерасад, дар баландии 10 км якбора кам шуда, ба 3–4 м/с баробар мегардад.

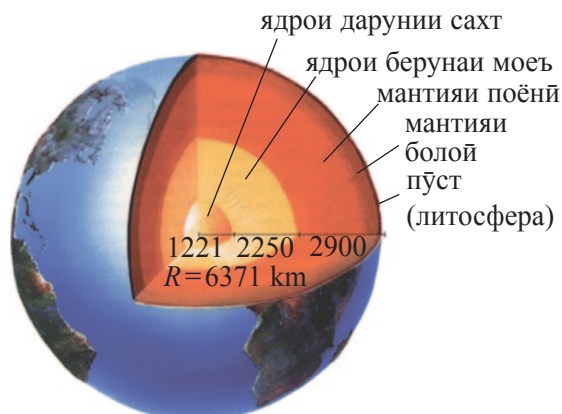
Соли 1991 Ассамблеяи генералии Иттиҳоди байналхалқии астрономӣ (ИБА) ба 116 элементи релефдори он номи занони дар ҷаҳон машҳурро дод. Боиси ифтихор аст, ки дар ин рӯйхат номи ҳамватанамон Нодирабегим ҳам ҳаст. Ба яке аз кратерҳои Венера номи ӯ монда шудааст.

§ 40. Замин ва радифи табиӣ он Мох. Марс (Миррих)

Аз ҷиҳати дурӣ аз Офтоб **Замин** сайёраи сеюм буда, дар байни сайёраҳои ба Замин монанд азимтаринаш мебошад. Дар осмон хеле зебо тофтани За-



Расми 59. Акси Замин, ки аз сатҳи Моҳ гирифта шудааст.



Расми 60. Сохти дохилии Замин.

минро расми аз Моҳ гирифтаи он тасдиқ мекунад (расми 59). Дарозии радиуси экватории сайёраамон ба 6378 километр баробар аст. Замин дар гирди Офтоб бо суръати тахминан 30 км/с ҳаракат намуда, дар муддати 365,24 шабонарӯз атрофи онро як маротиба пурра чарх зада мебарояд. Дар як сол иваз шудани чор фасл, бо моилии меҳварии Замин нисбати ҳамвории мадораш $66,5^\circ$ фаҳмонида мешавад. Замин дар атрофи меҳвари худ дар муддати 23 соату 56 дақиқаю 4 сония пурра давр зада мебарояд. Ин даври ҳақиқии гардиши Замин аст. Аммо даври гардиши Замин нисбат ба Офтоб андак дарозтар буда, аниқ 24 соатро ташкил медиҳад.

Зичии миёнаи Замин $5,51 \text{ г/см}^3$ буда, массаи он ба $6 \cdot 10^{24}$ килограмм баробар аст. Атмосфераи Замин ба ҳазорҳо километр баландӣ тӯл кашида, вазни он қариб ба 160 триллион тонна баробар аст. Ин атмосфераи ғафс дар пайдоишу ташаккули ҳаёт дар Замин нақши муҳим бозидааст. Алалхусус, қабати озон, ки тақрибан дар баландии 20–30 километр ҷой гирифтааст, нурҳои кӯтоҳмавҷи ултрабунафши Офтобро фаъол фуру мебарад. Бо ин восита, маҳз атмосфера тамоми мавҷудоти зинда ва аз ҷумла инсонро аз хавфи таъсири ин нурҳо эмин медорад. 21% атмосфераи Заминро оксиген, 78 % *нитроген* ва қисми боқимондари газҳои дигар: аргон, ангидриди карбонат ва бӯғҳои об ташкил медиҳанд. *Гидросфераи* Замин қариб 71% сатҳи онро ташкил медиҳад. Баландии миёнаи хушкӣ нисбат ба сатҳи баҳр 875 метр буда, ҷуқурии миёнаи Уқёнуси олам то ба 3800 метр мерасад. Пирияхҳо қисми қа-

лони сайёраамонро ишғол карда, асосан Антарктида ва хушкӣҳои Гренландияро пӯшониданд.

Дар қаъри Замин дар чуқурии 3450 км *ядро* дар ҳолати моеъ будаи он аниқ гардидааст. Тадқиқотҳои баъдина муайян сохтанд, ки ин ядро асосан аз ду қисм-қисми якуми саҳт, ки радиусаш ба 1221 км мерасад ва қисми дуюми моеъ, ки ғафсиаш 2250 километр аст ва қисми берунаи он аз 2900 км мантия иборат аст (*расми 60*).

Тадқиқотҳо нишон доданд, ки қабати саҳти литосфера ҳам якҷинса набуда, тахминан дар чуқурии 40 километр якбора сарҳад мегирад. Қисми болоии ин қабат *пӯсти литосфера*, поёниаш бошад, *мантия* номида мешавад. Ҳарорат то ба маркази Замин афзуда рафта, дар сарҳади поёнии мантия то 5000 °C ва дар марказ тахминан то 10 000 °C дараҷа мерасад.

Замин магнити азим буда, дар *расми 61* дар зери таъсири «шамол»-и Офтоб тағйир ёфтани сохтори хатҳои қувваи он тасвир шудааст.

Қутбҳои геомагнитии Замин бо қутбҳои географии Замин болои ҳам мувофиқ намеафтанд.

Арзи қутби географии геомагнитии шимолӣ 78°5' буда, тӯлаш 290° тӯли шарқиро ташкил мекунад. Дигархелтар карда гӯем, тири геомагнитӣ нисбат ба меҳвари Замин дар кунҷи 11,5° хобидааст. Шиддатнокии майдони геомагнитӣ аз экватор то қутб аз 0,25–0,35 то 0,6–0,7 эрстед меафзояд.

Қисми осмонии ба Замин наздиктарин Моҳ буда, он радифи табиӣ сайёраамон аст (*расми 62*). Мадори гардиши Моҳ дар атрофи Замин чун мадори гардиши сайёраҳои дигар дар атрофи Офтоб шакли эллипсо дорад. Ба ҳамин сабаб, масофаи байни Замину Моҳ тағйир ёфта меистад. Ҳангоми ҳаракаташ Моҳ ба Замин то ба 363 400 километр наздик шуда, то ба 405 400



Расми 61. Сохтори магнитосфераи Замин.

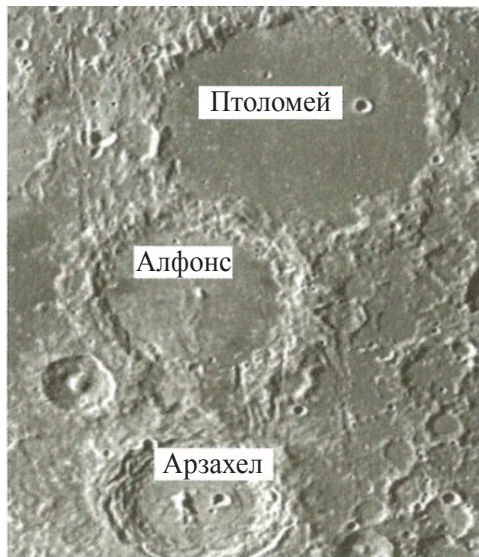


Расми 62. Моҳ – радифи табиӣи Замин.

километр дур (апогей) мешавад. Диаметри Моҳ 3476 километро ташкил дода, ҳаҷми он аз сад ду ҳиссаи ҳаҷми Заминро ташкил мекунад. Массайи Моҳ аз массайи Замин 81 маротиба кам мебошад. Қувваи ҷозибайи Моҳ аз қувваи ҷозибайи сатҳи Замин 6 маротиба камтар аст. Шитоби афтиши озод дар Моҳ $1,63 \text{ м/с}^2$ аст. Зичии миёнаи Моҳ $3,3 \text{ г/см}^3$, яъне аз зичии Замин 1,5 маротиба кам аст. Рӯзона дар атрофи экватори Моҳ ҳарорат то $+120 \text{ }^\circ\text{C}$ гарм ва шабона то $-150 \text{ }^\circ\text{C}$ сард мешавад.

Дар осмони Моҳ боқӣ мондани ситораҳо, набудани шафақ ба сабаби набудани атмосфера дар Моҳ буда, муддати байни баромадани Офтоб то чошт 7 рӯзу 9 соати заминӣ давом мекунад.

Яке аз ҳодисаҳои мафтункори осмони Моҳ – манзараи сайёраамон Замин мебошад (*ба расми 59 нигаред*). Дар осмони Моҳ Замин дар шакли кураи зебои ҳаворанг хувайдо шуда, ҳаҷман аз Моҳ чор маротиба калонтар метобад. Замин ҳам дар осмон чун Моҳ дар фазаҳои гуногун намоён мешавад. Ин ҳолат ба он вобаста аст, ки нисбат ба Офтоб Моҳ дар кадом тарафаш қарор гирифтааст. Ҳангоми дар фазаи «Замини пурра» будан сатҳи Моҳро 40 маротиба зиёдтар аз он, ки моҳи пурра Заминро равшан мекунад, равшан месозад. Дар осмони Моҳ вақти мушоҳидашавии «Замини пурра» – дар Замин ба вақти фазаи баромади Моҳ рост меояд.



Расми 63. Кратер ва «баҳр» ҳои Моҳ.

Дар Моҳ низ нишебӣ (баҳрҳо ном бурда мешаванд), баландӣ, кӯҳҳо ҳастанд (*расми 63*). Ин объектҳои бори нахуст Г.Галилей соли 1610 аз телескопи сохтаи худаш Моҳро мушоҳида намуда, аниқ кардааст.

Қаторкӯҳҳои азимтарини Моҳ Алп, Апеннин ва Кавказ номида шудаанд. Баландии ин кӯҳҳо то ба 9 километр мерасад. Дар Моҳ бештар кӯҳҳои ҳалқапеч вомехӯранд.

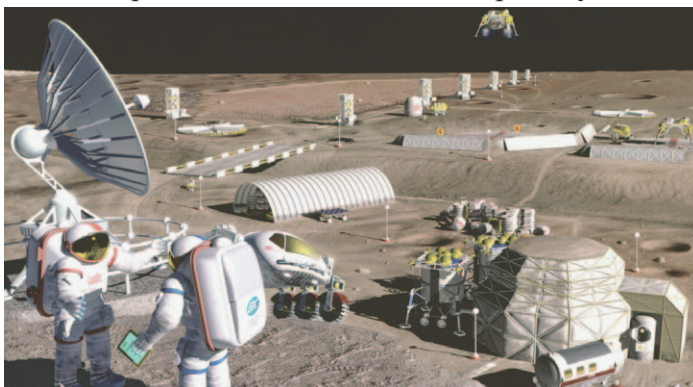
Моҳи июли соли 1969 дар аппарати кайҳонии «Апполон-11» ду кайҳоннаварди амрикоӣ – Армстронг ва Олдрин ба сатҳи Моҳ фуруд омаданд (*расми 64*). Онҳо муддати мадид сат-



Расми 64. Дар сатҳи Моҳ сайр намудани экипажи киштии кайҳонии «Аполлон».

ҳи Моҳро сайр намуда, ба Замин бо «ҳадя»-ҳои қиматбаҳо чун санг, хок ва кристалҳои сатҳи Моҳ баргаштанд. Дар солҳои 60–70 асри XX «Аполлон»-ҳо чамъ ба сатҳи Моҳ 12 нафар кайҳоннавардро фароварда, оид ба рельеф ва табиати физикии радифи табиии Замин маълумоти қиматбаҳо дарёб карданд (*расми 74*). Аҳамияти омӯзиши Моҳ барои фан аз атмосфера холи будани он аст. Телескопи хурди ба Моҳ гузошташуда имкон медиҳад, ки нисбат ба телескопҳои калони Замин расмҳои якчанд бор босифаттари ҷисмҳои осмонӣ гирифта шаванд.

Ба тӯфайли дар Моҳ набудани атмосфера телескопҳои ба он ҷо мондашуда имкони омӯхтани физикаи манбаъҳои пуриктидори афканиши ултрабунафш, рентген ва гамма – мавҷҳоро медиҳад. Дар *расми 65* лоиҳаи стансияи илмие, ки дар оянда дар Моҳ сохта мешавад, оварда шудааст.



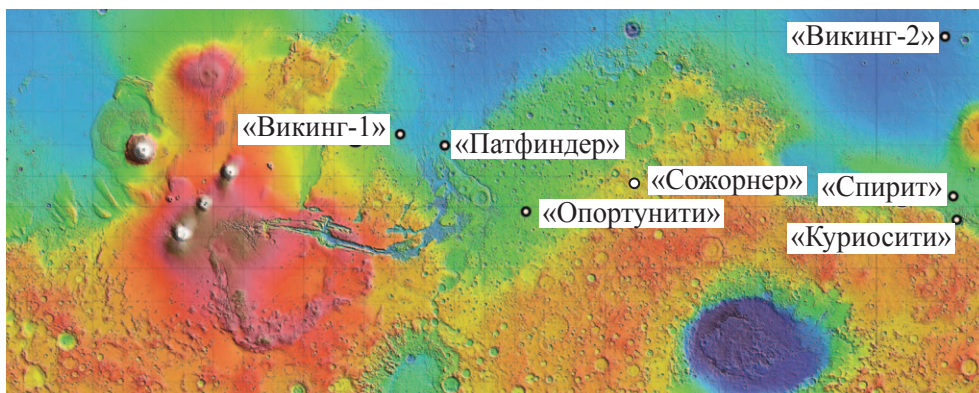
Расми 65. Лоиҳаи стансияи илмие, ки дар оянда дар Моҳ сохта хоҳад шуд.

Марс (Миррих). Мадори ин сайёраи чоруми заминмонанд, ки мувофиқи афсонаи Рим номи худои чанг – Марсро гирифтааст, берун аз мадори Замин меҳобад. Масофаи байни Марс ва Офтоб тақрибан 227,94 миллион км аст.

Марс сайёраи нисбатан хурд буда, диаметраш 6779 километр, массааш $6,39 \cdot 10^{23}$ кг (яъне, 0,107 ҳиссаи массаи Замин)-ро ташкил медиҳад. Зичии миёнааш ҳам аз Замин хеле кам – $3,94 \text{ г/см}^3$. Шитоби афтиши озод – $3,72 \text{ м/с}^2$.

Дар байни сайёраҳои низоми Офтоб бо ҷиҳатҳои табиати физикиаш Марс ба Замин аз ҳама зиёдтар шабоҳат дорад. Шабонарӯзи Марс аз Замин андак фарқ мекунад ва ба 24 соату 39,5 дақиқа баробар аст. Ҳамчунин, омили ивазшавии фаслҳоро таъминкунанда, яъне моилии меҳвари гардиши он нисбат ба ҳамвории мадораш аз Замин бисёр фарқ накарда, ба $65^\circ 12'$ баробар мебошад. Аммо соли Марс тӯлонитар буда, 686,98 шабонарӯзи заминиро (ё ки 669 шабонарӯзи Марсро) ташкил медиҳад. Дар арзи 35° Марс, ҳарорат дар фасли тирамоҳ: нисфирӯзӣ -20°C , шом -40°C , шаб то -70°C паст мешавад. Дар арзи 40° фасли зимистон ҳарорат аз -50°C , дар арзи 60° бошад, аз -80°C -90°C намегузарад. Ҳарорати пасттарини сатҳи Марс дар кутбҳои вай мушоҳида шуда, зимистон аз -125°C намефарояд.

Атмосфераи Марс хеле тунук буда, фишори миёнаи сатҳи он 6,1 миллибар (1 бар = тахминан 1 атмосфера) аст. 95 % атмосфераи Марс аз карбонати ангидрид, 2,5 % аз нитроген, 1,52 % аргон ва миқдори хеле ками оксиген (0,2%) ва буғи об (0,1%) иборат аст. Пастхамии Эллада, ки дар арзи шимолӣ аз 20° то 55° ҳудуди Марс ҷой гирифтааст ва ба масофаи қариб 2000 ки-



Расми 66. Харитаи воҳаҳо дар нишебиҳои Эллада, Тарсис ва Аргири сайёраи Марс. (Дар сурат номи киштиҳои кайҳонӣ, ки дар пастхамиҳо нишастаанд, зикр шудааст).

лометр тӯл мекашад, нисбатан аз кратерҳо холист ва атрофаш хеле ба дарун чӯкидааст. Пастхамии нисбатан калоне, ки дар нимкураи ҷанубӣ ҷой гирифтааст, Аргир номида мешавад (*расми 66*). Дар шимолу ғарби Аргир пастхамии Тарсис паҳн мешавад, ки дар он кӯҳҳои вулканҳои азим воқеанд. Дар пасти он, дар нимкураи шимолӣ пастхамиҳои машҳури Амазония ва Утопия ҷойгир шудаанд. Аз параллели 50° то 70° Саҳрои Кабир паҳн ёфта, он бо халқои кӯҳи қутби шимолро иҳотақунанда сарҳад меёбад.

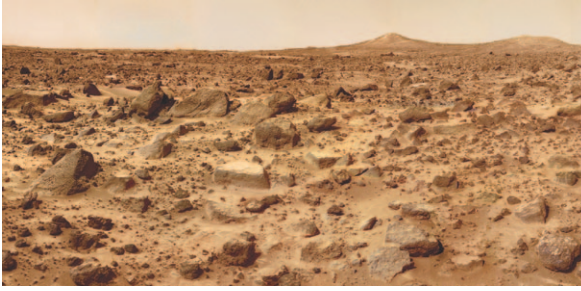
Кӯҳҳои Марс аз аҷоиботи асоситарини релефи сайёра ба ҳисоб мераванд. Дар ҳудуди Тарсис чор кӯҳи конусшакл ба осмон қад афрохтаанд. Ин кӯҳҳо дар натиҷаи ҷараёни вулканҳо ба вучуд омада, диаметри асоси кӯҳи Арзия, ки дар нуқтаи ҷанубтарин ҷой гирифтааст, 130 километро ташкил медиҳад. Аз ин кӯҳҳо азимтаринаш кӯҳи Олимп буда, он аз кӯҳҳои вулкании Замин чанд маротиба бузургтар аст. Диаметри конуси асосии кӯҳи Олимп 600 километр, баландиаш 27 километр аст.

Боз яке аз ҳодисаҳои аҷибии релефи Марс – ин ҷариҳои мебошанд, ки ба садҳо километр тӯл кашидаанд. Яке аз ин ҷариҳо дар 20° шарқи кӯҳи Арзия воқеъ буда, дарозииаш то 400 километр, васеъииаш то 30 километр ва чуқуриаш то 2 километр мерасад.

«Тилисм»-и дигари сатҳи «Сайёраи сурх» – дарёҳо. Дар байни онҳо дарёе бо номи Ниграл, ки дар паҳноии 30° ҷанубӣ воқеъ аст ба масофаи 400 километр тӯл мекашад, аз дарёҳои қадими Марс ба ҳисоб меравад (*расми 67*). Ҳамчунин, дарёи дигаре бо дарозии 700 километр Маадим дар баъзе ҳудудҳоиаш то 80 километр васеъ мешавад. Аниқ аст, ки ҳоло дар маҷроҳои он ҳеч ягон моеъ нест. «Викинг-1», ки соли 1976 ба ҳамвории Утопия нишаста буд, ба Замин тасвирҳои атрофро интиқол намуд. Дар тасвирҳои харсангҳои



Расми 67. Маҷрои дарёи Ниграл дар Марс (дарозииаш аз 400 км зиёд).



Расми 68. Расми Марс, ки аз тарафи «Викинг-1» (ИМА) гирифта шудааст.



Расми 69. Радифи Марс бо номи Фобос (андозааш 18×22 км).

азим ва хокбодҳо ба назар мерасанд. Ин хокбодҳо далели онанд, ки дар Марс бодҳои шадид мевазанд (*расми 68*). Расмҳои ба Замин омада нишон доданд, ки аз сӯроҳӣ ва чуқурии баъзеи кратерҳо абру туман боло мешавад.

Аниқ шудани асосан аз буғи об ташкил ёфтани ин навъ туман боз як далел барои исботи он шуд, ки дар қишрҳои Марс ба таври кофӣ захираҳои об (дар шакли ях) мавҷуданд. Шароити дар Марс аниқшуда хулоса медиҳад, ки дар ин сайёра ҳаёт (микроорганизмҳо) буданаш мумкин аст.

Марс дуто радифи табиӣ дорад. Якеи онҳо Фобос (Тарс), дувуминаш Деймос (Даҳшат) ном дорад. Ду андозаи ба ҳам перпендикулярӣ Фобос 18×22 км (*расми 69*) ва ҳамин гуна андозаҳои Деймос 10×16 километрро ташкил медиҳад. Фобос дар масофаи 6000 километр аз Марс атрофи онро дар тӯли 7 соату 30 дақиқа чарх зада мебарояд, Деймос дар масофаи 20 000 км аз сайёра барои ин 30 соату 18 дақиқа сарф мекунад.

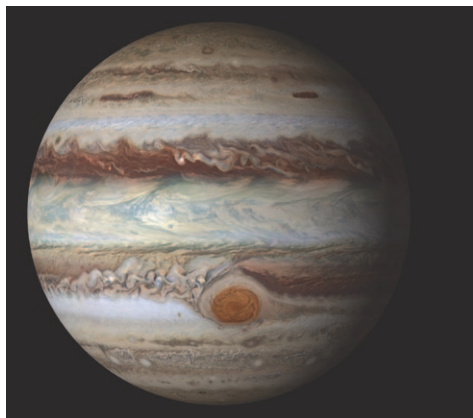
Савол ва супоришҳо:

1. Дар бораи андозаҳои Меркурий чиро медонед?
2. Дар бораи атмосфераи Венера, шароити физикии он (харорат, фишори он) ва таркибаш чиро медонед?
3. Дар бораи сайёраи Замин маълумоти умумӣ диҳед. Замин аз кадом қабатҳои дохилӣ иборат аст?
4. Дар бораи релефи Моҳ чӣ медонед?
5. Марс бо кадом хусусиятҳои ба Замин монанд аст?
6. Оё маҷроҳои дарёи сайёраи Марс дарёи ҳақиқист?

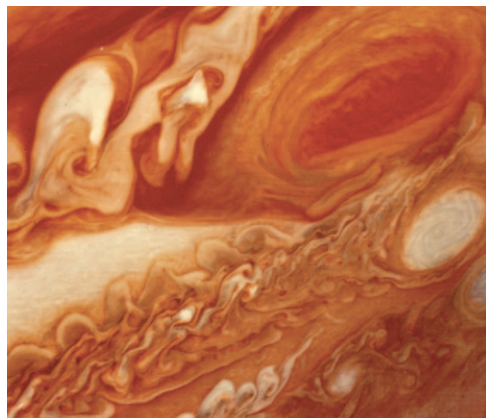
МАВЗЎИ 16. § 41. Сайёраҳои азимчусса, радиф ва ҳалқаҳои онҳо

Юпитер (Муштарӣ). Юпитер, ки сайёраи азимтарини низоми Офтоб маҳсуб мешавад, бо сирру асрори бисёри худ диққати астрономҳоро ба таври хос ба худ ҷалб мекунад. Диаметри Юпитер аз диаметри Замин 11 маротиба калонтар буда, 69 ҳазору 911 километрро ташкил медиҳад. Ин сайёраи азим дар масофаи 778 миллион километр аз Офтоб гирди он ҷарх мезанад. Суръати ин гардиш 13 км/с буда, Юпитер атрофи Офтобро дар 12 сол пурра ҷарх зада мебарояд.

Боиси тааҷҷуб аст, ки дар гирди меҳвари худ ҷарх задани Юпитер аз дигар сайёраҳои навъи Замин фарқ намуда, қисми экваториаш тезтар, яъне бо даври 9 соату 56 дақиқа ҷарх мезанад. Массаяи он аз массаяи Замин 318 маротиба зиёд аст. Барои ҳамин ҳам қувваи ҷозибаи Юпитер аз қувваи ҷозибаи Замин дуҷоним маротиба зиёд мебошад. Дар байни асрори ин сайёра метавон тасмаҳои сурх-сиёҳранги ба ҳазорҳо километр тӯлкашидаро зикр намуд, ки нисбати экватор параллел ҷойгир шудаанд ва Доғи калони сурх аст (*расми 70*), ки соли 1878 кашф шуда, дарозияш 30 ҳазор ва бараши 13 ҳазор километр мебошад (*расми 71*). Боиси ҳайрат аст, ки ин доғ дар якҷоягӣ бо ҷузъҳои дигари сатҳи сайёра дар даврзании шабонарӯзии Юпитер иштирок карда дар як вақт, гоҳ ба ину гоҳ ба он тараф ба якҷанд градус ҷой иваз мекунад.



Расми 70. Намуди умумии Юпитер.



Расми 71. Доғи калони сурхи дар сатҳи Юпитер мушоҳидашаванда.

Атмосфераи Юпитер аз газҳои гидроген, гелий, метан ва аммиак иборат аст. Мувофиқи маълумотҳои ба даст овардашуда миқдори гелий дар он ба 9% атмосфераи Замин баробар аст. Қисми асосии атмосфераи сайёраи гидроген (90%) ташкил медиҳад.

Дар атмосфераи сайёраи азим ёфт шудани буғҳои об ҳам воқеаи калон гашт, зеро ҳарорати қабатҳои абрнок $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$ буда, олимон тахмин мекарданд, ки дар ин ҳарорат буғҳои об фақат дар ҳолати ях вохӯрда метавонанд.

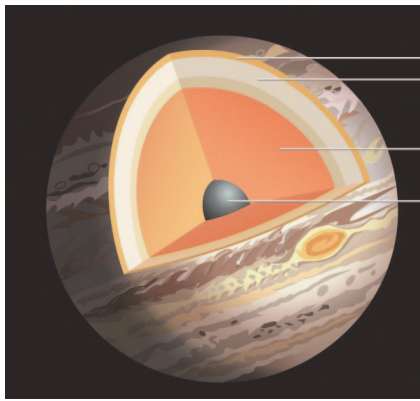
Юпитер майдони магнитӣ дорад. Он бо зарраҳои кайҳонии мусбату манфие, ки аз Офтоб меоянд, таъсиринок шуда, онҳоро дар сатҳи худ ба «қафас» меандозад. Дар оқибат, ин ҳол сабабгори дар атрофи сайёра ба вучуд омадани камари пурқуввати радиатсионии монанди Замин мешавад.

Ба сабаби нисбат ба Замин 5 баробар дуртар воқеъ будани Юпитер аз Офтоб, энергияи офтобие, ки ба сатҳаш мефтад, аз Замин дида 27 маротиба кам аст. Аммо ба ин нигоҳ накарда, сатҳи пурраи сайёра нисбат ба энергияе, ки аз Офтоб мегирад, дар diapazonҳои радио ва инфрасурх 2,5 маротиба зиёдтар нурпошӣ мешавад.

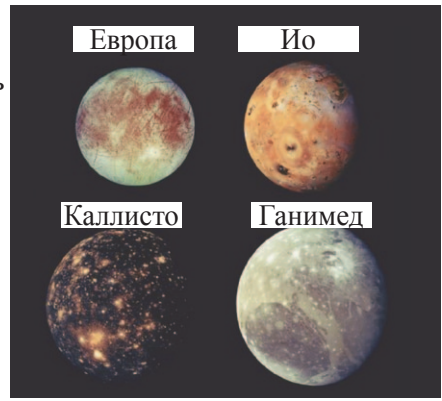
Аз рӯйи маълумотҳои охиринаи оид ба Юпитер буда модели математикии сохти дохилии ин сайёраи азим сохта шуд. Бар асоси ин модел, ғафсии атмосфераи Юпитер $\approx 10^4$ километр қабул шуда, дар поёни ин қабат массаи фазааш моеъ ва дар маркази сайёра дар ҳолати сахт воқеъ будани ядрои он тахмин мешавад. Фишори қабати қабатҳои он то даҳҳо миллион атмосфера ва ҳарораташ то $15\ 000\text{--}25\ 000\text{ }^{\circ}\text{C}$ мерасад (*расми 72*).

Дар якҷоягӣ бо радиёфҳояш Юпитер як «оила»-и калонро ташкил медиҳад. Миқдори радиёфҳои калону хурди кашфшудаи Юпитер аз 60 мегузарад. Чорто радиёфи калонтарини сайёра соли 1610 аз тарафи Г. Галилей ёфта шудааст (*расми 73*).

Дар омӯзиши Юпитер ва радиёфҳои он ҳиссаи аппарати кайҳонии «Воячер-1»-и ИМА, ки моҳи март соли 1979 дар масофаи 278 ҳазор километр аз назди сайёра парвоз карда гузаштааст ва баъдтар ҳиссаи «Воячер-2», хеле калон аст (*расми 74*). Аз рӯйи расмҳои «Воячер» гирифта, ғачри кутбӣ бо дарозии қариб 30 ҳазор км ва дар атмосферааш ҳолати барқмонанд мушоҳида шуд. Боз маълум шуд, ки дар баландии 57 ҳазор километр аз сатҳи сайёра, Юпитер ҳалқаи ба Сатурн монанд дорад, ки вусъати он 8 ҳазору 700 км ва ғафсиаш 30 километр аст.



Атмосфера
 Гидрогени моеъ
 Гидрогени метали моеъ
 Ядро



Европа

Ио

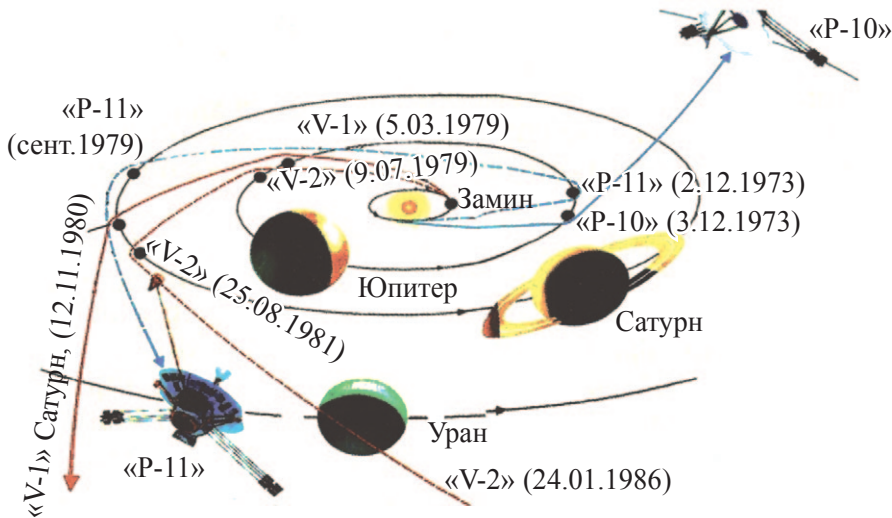
Каллисто

Ганимед

Расми 72. Сохти дохилии Юпитер.

Расми 73. Андозаҳои муқоисавии радиҳои Юпитер мувофиқи ақидаи Галилей.

Стансияи автомати кайҳонӣ аз назди радифи Ио дар масофаи 19 ҳазор км парвоз карда, дар сатҳи он вулкани амалкунанда (баландиаш 160 км), қаторкӯл ва ҷарихҳои ба чандсад километр масофа тӯл кашидари кашф намуд. Яке аз кратерҳои Каллисто бо якчанд ҳалқаҳои кӯҳӣ ихота шуда, дар баъзе ҷойҳо масофаи байни онҳо то 1600 километр мерасад.



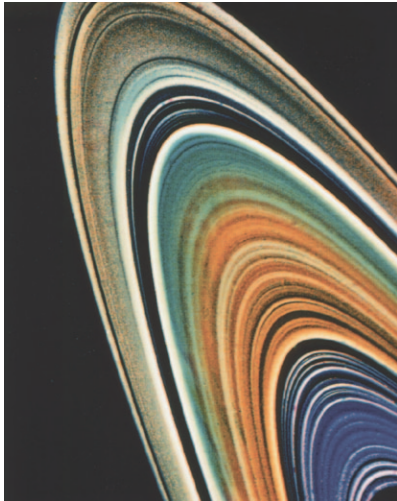
Расми 74. Траекторияҳои «Пионер-10», «Пионер-11» («P-10», «P-11») ва «Вояжер-1», «Вояжер-2» («V-1», «V-2»)

Сатурн (Зухал). Аз чихати бузургӣ Сатурн фақат аз Юпитер хурд буда, диаметри он 120 ҳазору 800 километрро ташкил мекунад. Масофаи байни Сатурну Офтоб тақрибан 9,5 воҳиди астрономӣ, яъне 1 миллиарду 427 миллион километр аст. Ин сайёраи ҳалқадор аз рӯи мадори худ бо суръати 9,6 километр ҳаракат намуда, дар муддати 29 солу 5 моҳу 16 рӯз атрофи Офтобро 1 маротиба пурра давр зада мебарояд. Чун Юпитер, даврзании Сатурн нисбат ба меҳвари он дар арзҳои мухталиф гуногун мебошад. Агар даври гардиши худуди экватор 10 соату 39 дақиқа бошад, паҳноии наздиқутбӣ бо даври гардиши 10 соату 28 дақиқайна дорад.

Ҳамвории экватори сайёра нисбат ба ҳамвории мадори он кунҷи $26^{\circ}45'$ -ро ҳосил мекунад. Сатурн аз сайёраҳои дигар бо ҳалқаи худ, ки сайёро ро печонида гирифтаасту бараҷ то 60 ҳазор километр, ғафсиаш 10–15 километр мебошад, ба кулӣ фарқ мекунад (*расми 75*).

Дар омӯзиши ҳалқаи Сатурн қадами аввали калон аз тарафи стансияи автоматики Амрико «Пионер-11» монда шуд, ки 1 сентябри соли 1979 баъди «сайр»-и шашсолаи байнисайёравӣ дар масофаи 21 ҳазору 400 километр аз назди Сатурн гузаштааст. Дар натиҷаи «мушоҳида» он аниқ намуд, ки дар назди сатҳи сайёра майдони магнитӣ то 10 Е мавҷуд аст.

Тирамоҳи соли 1980 аз назди Сатурн стансияи дигари ИМА – «Воячер-1» парвоз карда гузашт. Чуноне аксҳои аз стансияи кайҳонӣ гирифташуда нишон доданд,

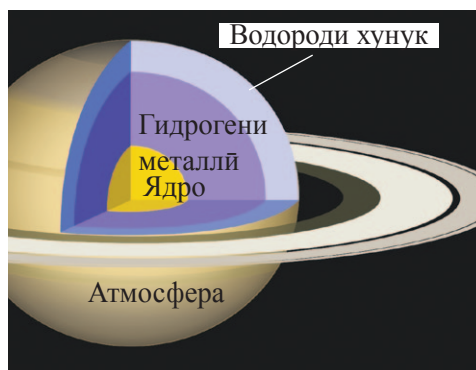


Расми 75. Сатурн ва ҳалқаи он.

ҳалқаҳои сайёра аз дахҳо, садҳо ҳалқачаҳои мустақил иборат буда, дар сатҳи он радиҳои хурдаки диаметрашон то 80 километр буда давр мезананд. Мушоҳидаҳо нишон доданд, ки ҳарорати сатҳи сайёра дар атрофи -180°C аст. Дар атмосфераи Сатурн низ чун Юпитер гази метан (CH_4) ва аммиак (NH_3) вохӯрад. Соли 1074 дар таркиби атмосфераи Сатурн этан (C_2H_6) ёфт шуд. Таркиби элементии Сатурн аз Офтоб фарқ накарда, аз гидроген (93%) ва гелий (6%) иборат аст.

Ғафсии атмосфераи Сатурн тақрибан 1000 километр буда, дар поёнаш қабати гидрогени бо гелий омехта ҷойгир шудааст. Дар назди ними радиуси сайёра ҳарорат 1000°C

ва фишор 3 млн. атм. аст. Поёнтари он, дар баландии 0,7–0,8 радиуси сайёра гидрогени фазааш металлӣ вомахӯрад. Дар зери ин қабат силикати моеъ – ядро ҷой гирифтааст (расми 76). Бузургтарин радифи Сатурн Титан буда (атмосферааш асосан аз нитроген ва метан иборат аст), дар байни «ҳамсафар»-ҳои сайёраҳои низоми Офтоб аз ҷиҳати азимҷуссагӣ баъди Ганимед дар ҷойи дуюм меистад (расми 77). Диаметраш 5151 км аст. Баъдан, дар атмосфераи Титан ба миқдори зиёд гидроген мушоҳида шудааст. Соли 1980 «Вояжер-1» аз наздикии Сатурн парвоз карда, 6-то радифи нави онро пайдо кардааст. Айни ҳол миқдори радифҳои ёфташудаи он аз 60 зиёд аст.

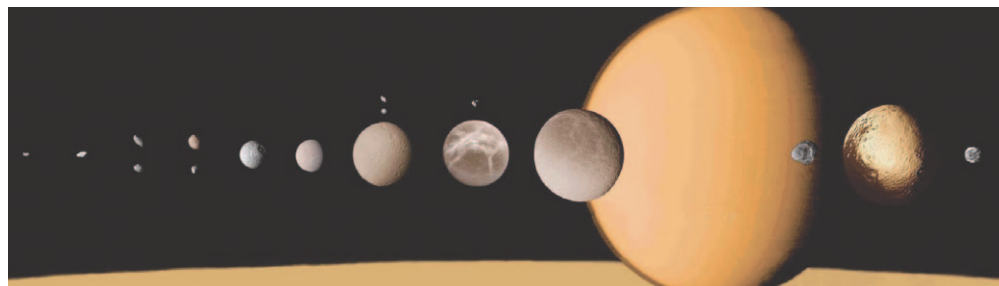


Расми 76. Сохти дохилии сайёра.

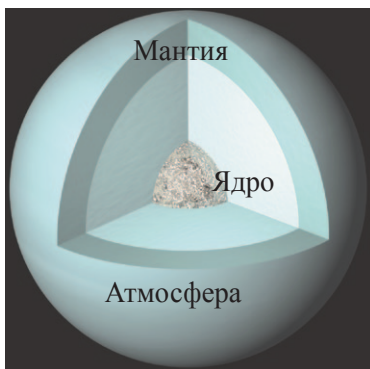
Сайёраи **Уран** аз тарафи В. Ҳершел, ки аслан мусиқачӣ буда, баъдан ба дараҷаи астрономи машҳур расидааст, соли 1781 тасодуфан кашф шудааст. Қутри Уран 50 ҳазору 724 километр буда, массааш 14,5 баробари Замин ва зичии миёнааш $1,2 \text{ г/см}^3$. Ин сайёра тақрибан дар масофаи 19,2 воҳиди астрономӣ гирди Офтоб давр мезанад. Суръати мадори Уран 6,8 м/с буда, Офтобро дар муддати 84 сол давр зада мебарояд. Вале гирди меҳвари худ ин сайёра тезтар ҷарх мезанад – шабонарӯзи он 17 соату 14 дақиқа аст.

Дар осмони Уран Офтоб таҳти кунҷи 2' намоён мешавад. Андозагириҳои радионурии сатҳи Уран нишон доданд, ки ҳарорати миёнаи он $-200 \text{ }^\circ\text{C}$ аст.

Уран асосан аз *гидроген* ва *гелий* ташкил ёфта, аниқ карда шудааст, ки дар он қисман метан ҳам ҳаст. Аз рӯйи маълумотҳои бадастомада, олимон



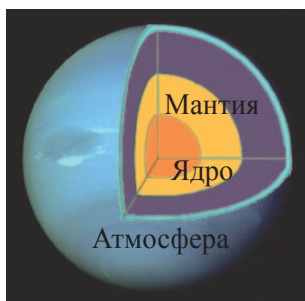
Расми 77. Радифҳои Сатурн (азимтарини он – Титан).



Расми 78. Сохти дохилии Уран.

сохтори дохилии Уранро ба таври дар *расми 78* овардашуда тасаввур мекунанд. Миқдори радифҳои кашфшудаи ин сайёра бисту якост. Дутои бузургтарини ин радифҳо аз тарафи Ҳершел кашф шуда, Титания ва Оберон номида шудаанд. Сонитар, баъди ин номҳоро гирифтани қаҳрамонҳои мазҳакаи «Хоби шаби тобистона»-и В. Шекспир хусусан оммавӣ гаштаанд. Радифҳои баъди ин ёфташудаи сайёра ҳам бо номи қаҳрамонони асарҳои Шекспир номида мешаванд.

Нептун. Астрономи парижӣ А. Бувер соли 1820 чадвали координатаҳои Марс, Юпитер ва Уранро бо дақиқии зиёд ҳисоб карда баромадааст. Вале бо мурури 10 сол маълум шуд, ки Уран нисбат ба ҷойи аввалааш, ки қаблан ҳисоб шуда буд, ба масофаи даҳҳо сонияи камонӣ лағжидааст. Астрономҳо тахмин карданд, ки тағйирёбии ҳаракати Уран метавонад ба туфайли таъсири ягон сайёраи дигар сурат гирифта бошад. Ба ҳалли ин масъалаи мураккаби математикӣ, аз якдигар беҳабар якбора ду астроном миён бастаанд. Якеи онҳо математикӣ фаронсавӣ У. Леверйе, дуюмӣ – астрономи ҷавони англис Ч. Адамс буд. Вақте соли 1846 дар асоси ҳисобҳои математикӣ мавқеи сайёраи номаълум муайян гашт, У. Леверйе аз ходимони обсерваторияи Берлин, ки харитаи пурраи ситораҳои телескопиро доштанд, илтимос намуд то онҳо Уранро ба



Расми 79. Сохти дохилии Нептун то ҳозир ҳамин гуна тасаввур карда мешавад.



Расми 80. Радифҳои Нептун (радифи калонтарин – Тритон).

мушоҳида гиранд. Астрономи обсерватория профессор Галле 23 сентябри соли 1846 Уранро ҳамагӣ як градус онсӯтар аз ҷойи пешгӯйикардаи Леверйе ёфт. Сайёра бо номи худои баҳру укёнусхо – Нептун номгузори шуд.

Нептун аз Уран андаке калонтар буда, диаметраш 49 ҳазору 244 километрро ташкил медиҳад. Зичиаш – $1,6 \text{ г/см}^3$. Масофааш то Офтоб 30,1 воҳиди астрономист. Массаш аз массаи Замин 17,2 маротиба вазнинтар аст. Даври гардиши пуррааш дар атрофи Офтоб ба 164 солу 280 рӯз баробар мебошад. Дар гирди меҳвари худ Нептун дар муддати 15,57 соат як маротиба пурра чарх мезанад. Мушоҳидаҳои спектроскопии аз тариқи «Вояжер»-ҳо гирифта нишон доданд, ки дар Нептун водород ва метан ҳаст. Зиёд будани зичии сайёра нисбат ба зичии сайёраҳои Юпитер ва Сатурн боиси ин хулоса гардид, ки дар таркиби он элементҳои вазнинтар мавҷуданд (*расми 79*).

Соли 1846 астроном Лассел як радифи бузурги Нептунро кашф кард ва ба он номи Тритонро гузошт (*расми 80*). Тритон бузургчусса буда, диаметраш 2707 км аст. Тритон дар масофаи 383 ҳазор километр дар атрофи Нептун, дар акси самти гардиши сайёра давр мезанад. Ҳамчунин бояд қайд кард, ки сатҳи ин радифи сайёра бо қабати ғафси атмосфера пӯшонида шудааст.

Соли 1949 Койпер радифи дигари сайёро ёфт ва ба он номи духтари худои ишқи юнониёни қадим Нерей – Нерейдаро гузошт. Диаметри он ҳамагӣ 300 километр буда, миқдори тамоми радифҳои сайёра аз 10 зиёд аст.

Экзосайёраҳо. Инсоният сирру асрори Кайҳонро азхуд намуда истода, ба ҳудуд саволи «оё мо дар Кайҳон танҳоем?» – ро зиёд додааст. Аммо ба ин савол то ҳол ҷавоби аниқ гирифта нашудааст. Омӯзиши сайёраҳои Системаи офтобӣ дар ин ҳудуд изи ҳаёти ба Замин монандро наёфтааст.

Барои ҳамин, айнан дар Системаи офтобӣ мо танҳоем гуфта метавонем.

Аммо астрономҳо қайҳо аниқ кардаанд, ки Офтоб ситораи дар Кайҳон ноёб нест ва ситораҳои амсоли он бешумор аст. Барои ҳамин дар атрофи баъзеи ин миллиардҳо ситора ҳам ҳаракат намудани сайёраи ба Замин монанд ва дар он мавҷуд будани шароити ба Замин монанд аниқ аст. Ин навъ сайёраҳо, ки радифи дигар ситораҳо ҳастанд, *экзосайёра* («экзо», дар латинӣ беруна) номида мешавад.

Аввалин экзосайёра соли 1995 кашф шудааст. Спектрометри лағжиши хатҳои спектрро бо аниқии зиёд чен карда метавонистагӣ (13 м/с), ки аз тарафи астрономҳои Женева (Швейтсария) М. Майор ва Д. Квелос офарида

шуда буд, ба ин имкон медуҳад. Онҳо аз соли 1994 ба мунтазам мушоҳида намудани суръати нурии 142 то ситораи офтобмонанди дар галактикаамон ба Офтоб наздик ҷойгиршударо оғоз намуданд ва дар муддати кӯтоҳ ситораи 51 Пегасро аниқ намуданд, ки дар зери таъсири радифи ба Юпитер аз ҷиҳати масса монандаш бо даври 4,23 шабонарӯз «лаппиш» дошт.

Дар натиҷаи тадқиқотҳои мазкур то охири асри ХХ наздик ба 20 экзосайёра кашф шуд. Моҳи марти соли 2009 бо ёрии телескопи дар аппарати кайҳонии «Кеплер» мондашуда, ки ба мадор бароварда шуда буд, зиёда аз 1000 экзосайёра ёфта шуд.

Экзосайёраҳое, ки то ҳол кашф шудаанд, аз ҷиҳати ҳарорат ва таркиби кимёвӣ гуногунанд. Ба экзосайёраҳои калонтарини ба Юпитер монанд (массааш аз 0,19 то 13 массаи Юпитер) номи «Юпитерҳо» дода шудааст. Аз сабаби он, ки «Юпитерҳо» асосан аз гидроген ва гелий иборат ёфтаанд, онҳоро ба гурӯҳи сайёраҳои Юпитер ва Сатурни Системаи офтобӣ дохил кардан мумкин аст. Сайёраҳои аз «Юпитерҳо» хеле хурдтар «Нептунҳо» номида мешаванд. Массаи онҳо аз 7 то 60 массаи Замин мешавад. Ин навъ сайёраҳо аз яхҳои об, аммиак, карбонати ангидрид ва харсангҳо иборат буда, дар қатори сайёраҳои дар атрофи Офтоб даврзананда онҳоро ба гурӯҳи Уран ва Нептун дохил кардан мумкин. Экзосайёраҳои хурдтарин «Заминҳо» (массаашон аз 7 массаи Замин хурд) номида мешаванд. Ин сайёраҳо аз силикатҳо, металл ва чинсҳои дигари саҳт иборат буда, дар қатори сайёраҳои дар атрофи Офтоб даврзананда онҳоро ба гурӯҳи Замин, Марс, Венера ва Меркурий дохил кардан мумкин аст.

Миқдори экзосайёраҳои аз тарафи астрономҳо то 1-уми апрели соли 2018 ёфтшуда ба 3767 то расидааст.

Савол ва супоришҳо:

1. Атмосфераи Юпитер аз кадом газҳо иборат аст?
2. Юпитер бо ёрии кадом стансияҳои автоматикӣ тадқиқ карда шудааст?
3. Ҳалқаи Сатурн аз чӣ иборат ёфтааст?
4. Сатурн бо ёрии кадом стансияҳои автоматикӣ тадқиқ карда шудааст? Дар атрофи сайёра чандто радифи он давр мезанад?
5. Дар бораи радифи калонтарини Сатурн, яъне Титан чӣ медонед? Дар бораи сохти дохилии Уран чӣ медонед?
6. «Пойи» кадом стансияи автоматикӣ то ба Нептун расидааст?

МАВЗЎИ 17. § 42. Астероидҳо ва сайёраҳои хурд

Ҳанӯз соли 1596 Иоганн Кеплер дар «Асрори космография» ном асараш фарзия пешниҳод карда буд, ки мувофиқи он байни Марсу Юпитер боз як сайёра ҳаст. Ин тахмини Кеплер баъди ду аср ба шарофати кашфи қонуниятҳои эмпирикии ифодакунандаи масофаи сайёрагон то Офтоб (бевоқифа ба мушоҳидаҳо аниқ шудааст) тасдиқи худро ёфт. Соли 1772 астрономи виттенбергӣ Иоганн Титсиус аниқ намуд, ки ниммехварони калони дар воҳидҳои астрономӣ ифодаёфтаи сайёраҳо аз нисбати зерин ташкил меёбад:

$$a = (0,4 + 0,3 \cdot 2^n) \text{ в.а.},$$

ин ҷо $n = \infty, 0, 1, 2, 3, 4, \dots$ киматҳоро мегирад.

Дар ҷадвали зерин қимати ниммехвари калони мадори сайёраҳо, ки бо ёрии формулаи дар боло овардашуда ёфта шудааст ва масофаи воқеии онҳо то Офтоб муқоиса карда шудааст (ҷадвали 2).

ҷадвали 2

№	Сайёра	n	Ниммехвари калони сайёра, ки бо ёрии формулаи Титсиус ҳисоб карда шудааст (в.а.)	Масофаи миёнаи сайёра то Офтоб (в.а.)
1	Меркурий	$-\infty$	0,4	0,4
2	Венера	0	0,7	0,7
3	Замин	1	1,0	1,0
4	Марс	2	1,6	1,52
5	?	3	2,8	–
6	Юпитер	4	5,2	5,2
7	Сатурн	5	10,0	9,5

Астрономи берлинӣ Иоганн Боде аз кашфиёти Титсиус хабар ёфта, ин муносибати эмпирикиро аз нав дида баромад ва ба дуруст будани он боварӣ ҳосил намуд ва ба васеъ тарғиб намудани он ҳиссаи калон гузошт.

Баъди ҳамин ин қонун дар ҷаҳон бо номи қонуни Титсиус-Бодде шинохта шуд. Мувофиқи ин қонун, дар қадим дар байни Марс ва Юпитер дар масофаи тахминан 2,8 в.а. аз Офтоб мавҷуд будани боз як сайёра маълум шуда буд, ки ба он астрономҳо дигар шубҳа надоштанд.

Астрономи италиявӣ Пиатсӣ дар аввали соли 1801 дар тарокуми ситораҳои Савр ҷисми нави осмониро пайдо намуд. Ба он номи Серера дода шуд. Баъди ҳамин то соли 1807 аз тарафи олимон дар ҳамин масофа то Офтоб боз 3 ҷирми хурди осмонӣ бо номҳои Паллада, Юнона, Веста кашф шуданд. Ба онҳо астероид (аз юнонӣ «ситорамонанд») ном дода шуд. Соли 1890 миқдори онҳо ба 36 то расид.

Сайёраҳои майдаи ёфташуда бо номи қаҳрамонони асотири Рими Қадим, ҳудоҳо номида шуданд. Баъдан миқдори онҳо хеле зиёд шуда, аз 45-умаш сар карда, номҳои оддии занона, баъдтар ба астероидҳо номҳои чун Философия, Геометрия, Юститсия, ҳамчунин номҳои географӣ меодагӣ шуданд.

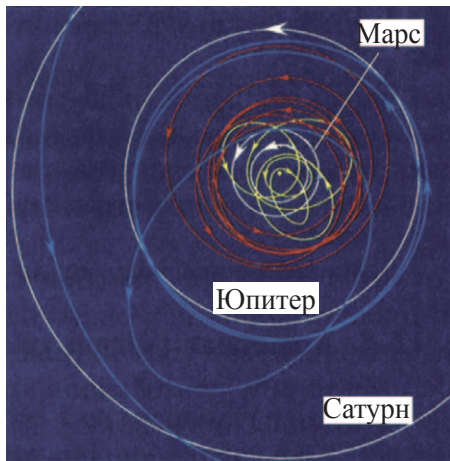
Ба яке аз астероидҳое, ки солҳои ҷанг дар стансияи арзи байналхалқии Китоб аз тарафи астроном Г. Неюмин ёфта шуда буд, (таҳти рақами 1351) номи «Узбекистония» дода шуд.

Массаҳои астероидҳо аз $2,38 \cdot 10^{19}$ кг (Веста), яъне аз массаи Замин 25 ҳазор маротиба камтар, то 10^{12} кг (Гермес) буда, зичии миёнааш аз 2 г/см^3 (астероиди сангӣ) то $7-8 \text{ г/см}^3$ (астероиди филизӣ-никелӣ) мешавад. Дар

расми 81 дар атрофи Офтоб ҷойгиршавии мадори як гурӯҳ астероидҳо тасвир шудааст.

Астероидҳои Икар, Гермес, Эрос ва Адонис ба таври даврӣ ба Замин наздик шуда меистанд.

Аз рӯи ҳисобҳо, онҳо ба Замин аз 1 млн км то 23 млн км наздик шуданашон мумкин аст. Аммо ба таври даврӣ ба Замин наздик шудани астероидҳо ташвишовар нест. Бо ҳисобу китоби астероидҳо як гурӯҳ олимони Иттиҳоди астрономӣ доимо машғуланд. Бинобарин, эҳтимоли бо ягон астероид задани сайёраи моро онҳо якҷанд сол пештар пешгӯӣ карда метаво-



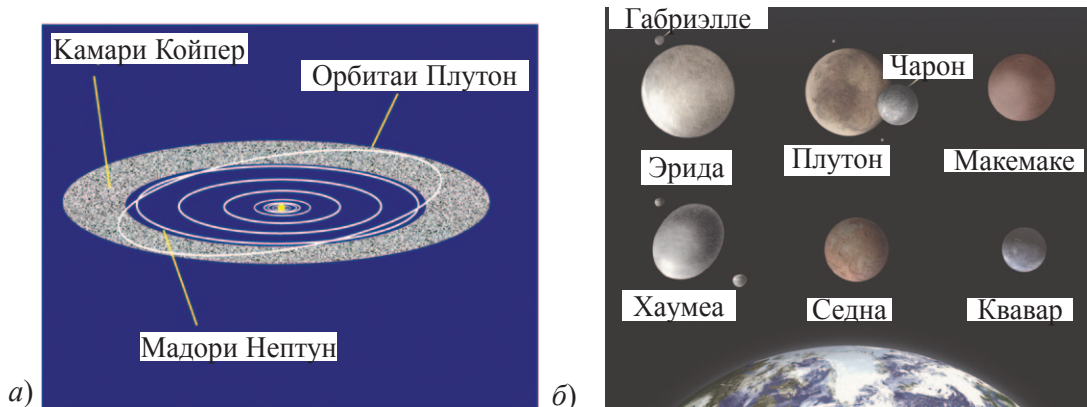
Расми 81. Мадори як гурӯҳ сайёраҳои хурд.

нанд. Дар асоси ҳамин эҳтимолият, олимон аллакай роҳҳои пешгирӣ кардани бархӯрди ҳалокатовари Замину астероидҳоро ёфтаанд.

Плутон ва чирмҳои осмонӣ. Соли 1880 астрономи англис Форбс ҳаракати Нептунро омӯхта, дар беруни он низ як чирми осмонӣ ҳаст гуён тахмин кард. Дар асри XX астроном Ловелл бо кофтукови сайёраи номаълум машғул шуд. Ин қисми осмон сайёраи Плутон баромад. Онро соли 1930 К.Томбо ёфт.

Ба охири асри XX омада, дар беруни мадори сайёраи Нептун ҳам камари астероидҳо ёфта шуда ва ба он номи «Камари Койпер» дода шуд. Сабаби ин, ҳанӯз соли 1951 мавҷуд будани онро астрономи амрикоӣ Ч.Койпер ба шорат карда буд. Олимон чунин фикр доштанд, ки ин камар аз сайёраҳои азимҷусса дар масофаи 35–50 в.а. ҷойгир шуда, аз кометаҳо ва астероидҳо ташкил ёфтааст.

Соли 1992 дар камари Койпер объекти нахустини диаметраш 280 км будаи 1992QB1 (Албион) пайдо карда шуд. Моҳи майи соли 2000 микдори объектҳои транснептунӣ (ақиби нептунӣ) ба 300 наздик шуд. Тамоми ин чирмҳо чун сайёраҳо дар атрофи Офтоб ба самти рост давр мезананд (*расми 82 а*). Онҳоро астероид ё комета номидан душвор аст, зеро диаметри ин чирмҳои кашфшаванда калон буда, 100–800 километрро ташкил медиҳад. Мувофиқи натиҷаҳои тадқиқотҳои охирин, дар ин камар зиёда аз 70 000 объекти диаметраш аз 100 км зиёд буда метавонад.



Расми 82. а) камари Койпер, б) объектҳои калони ақиби нептунӣ.

Соли 2003 астрономи Донишкадаи технологии Калифорния Майк Браун объекти транснептунии UB313 «Хена» (Ксена ё Зена)-ро кашф намуд. Андозаи ин ҷирми самовӣ аз Плутон ҳам калонтар буд. Баъди ҳамин дар байни астрономҳои ҷаҳон саволе пайдо шуд, ки оё ин объект ҳам ба сафи сайёраҳо ҳамроҳ мешавад ё не. Бо мақсади ёфтани ҷавоб ба ин савол тахти роҳбарии профессор О. Ҷингерих дар Иттиҳоди байналхалқии астрономҳо (ИБА) гурӯҳи махсус тартиб дода шуд. Мувофиқи тавсияи ин гурӯҳ, дар ассамблеяи 26 ИБА барои аз ҳам фарқ намудани сайёраҳо ва сайёраҳои хурд ба онҳо алоҳида таъриф дода шуд:

1. *Сайёра* – ҷисми осмонии дар атрофи Офтоб даврзананда аст. Курашакл буда, ба дараҷаи зарурӣ бояд азимҷусса бошад. Микдори ин навъ сайёраҳо 8 тост: Меркурий, Венера, Замин, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран ва Нептун. Ба ин гурӯҳ номи «сайёраҳои классикӣ» дода шудааст.

2. *Сайёраҳои хурд* – Ҷирмҳои осмонии дар атрофи Офтоб даврзананда буда, тахти таъсири гравитатсияи худ, ки аз қувваҳои беруна устуворанд, ба рои шакли кураро гирифтанд ба дараҷаи зарурӣ калон ва радиҳои сайёраҳои дигар нестанд. Сайёраҳои хурд ба Плутон монанд буда, азимҷуссарини онҳо Зена аст. Плутон, Харон, Седна ва астероиди калонтарин Серера ҳам айнан аз қатори ҳамин сайёраҳои хурд ҷой гирифтааст (*расми 82 б*).

Савол ва супоришҳо:

1. Қонуни Титсиус кадом андозаи ба мадори сайёраҳо алоқамандро ҳисоб мекунад?
2. Мадори сайёраҳои хурд дар байни кадом сайёраҳо меҳобад?
3. Кадом сайёраҳои хурд ба таври даврӣ ба Замин наздик мешаванд?
4. Ба сайёраҳои хурд аз тарафи ИБА кадом таъриф дода шудааст?

МАВЗҶИ 18. § 43. Кометаҳо («ситораҳои думдор»)

«Комета» – калимаи юнонӣ буда, маънояш «мӯйдор» аст. Маҳз ҳангоми аз назди Офтоб гузаштанашон гирифтани намуди «мӯйдор» ё «думдор» сабаби «комета» ном гирифтани ин ҷисмҳо гардидааст (*расми 83*). Хусусан, ҳангоме ки комета дар масофаи хеле дур аз Офтоб аст, қисми ядрои он чун ситораҷаи хира ба назар метобад.

Соли 1577 астроном Т. Браге дар натиҷаи мушоҳидаҳои муайян кард, ки кометаҳо – ҷирмҳои осмонии дар байни ситораҳо ҳаракаткунанда мебошанд. То ин вақт одамон кометаро ҳодисаи атмосфераи Замин тахмин мекарданд. Аввалҳои асри XVII И.Кеплер ва Г. Галлей тахмин карданд, ки «ситораҳои думдор» низоми Офтобро аз рӯи хатти рост бурида мегузаранд ва ба он умуман дигар барна-мегарданд. Мадори тамоми кометаҳои мушоҳидашударо олими дигари англис, шогирди Нютон – Эдмунд Галлей ҳисоб намуд. Ӯ оид ба 24 кометай аз соли 1337 то 1698 мушоҳидашуда маълумот ҷамъ карда, ҷузъҳои мадори онҳоро аниқ намуд.



Расми 83. Намуди «Ситораи думдор» (комета).

Ачибаш он буд, ки ҷузъҳои мадори 3-тои ин кометаҳо, аниқтараш, кометаҳои солҳои 1531, 1607, 1682 муоинашуда як хел баромада буд. Э. Галлей, ки ба тасодуфӣ будани ин ҳол эътимод намекард, соли 1705 чунин навишта буд: «Фикри он, ки кометай соли 1682 мушоҳидакардаи ману соли 1607 мушоҳидакардаи Кеплеру Лонгомонтан ва соли 1531 кашфкардаи Апиан ҳамон як комета аст, ҳаргиз маро ором намегузорад. Ҷузъҳои ҳар сеи ин кометаҳо ба ҳамдигар мувофиқ меоянд. Аз ҳамин рӯ, ман бо бовари том гуфта метавонам, ки ин комета соли 1758 боз гашта меояд. Агар он воқеан бозгардад, дар он ҳол, ба даврӣ будани кометаҳо, яъне ба наздикии Офтоб гашта омаданашон шубҳа наместонад».

Олим хато накарда буд. Кометай Галлей башораткарда 12 марти соли 1759 аз перигелий гузашт. Ин ҳақ будани қонуни ҷозибай Нютонро тасдиқ намуд. Кометас, ки аъзои Системаи офтобӣ буданаш исбот шуда буд, ба шарафи кашфиётчиаш номи Галлейро гирифт.

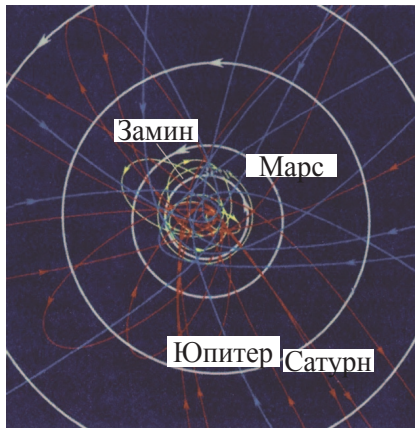
Ядрои кометаҳо аз газҳои яхбаста ва зарраҳои гуногуни чанг, санг ва металл ташкил меёбад. Газҳои яхбаста аксаран аз аммиак, метан, ангидриди карбонат, сиан ва нитроген иборат буда, ҳангоми ба Офтоб наздик шудани комета он метафсад ва аз он гарду чанг хориҷ мешавад ва дар атрофи ядро қабати ғафси газ – комаро ба вучуд меорад.

Думҳои комета дар натиҷаи таъсири фишори нурҳои Офтоб ва «шамоли» Офтоб (селҳои заррачаҳои корпускулярӣ) пайдо мешаванд. Комета ба Офтоб чӣ қадар наздик шавад, аз кома хоричшавии газу чанг суръат мегирад ва фишори афканишоти нур зиёд шуда, думи комета ҳам рӯз ба рӯз ба тарафи акси Офтоб дарозтар шуда миллионҳо километрро ташкил мекунад.

Газу чанг, ки думи кометаро ташкил медиҳад, одатан хеле тунук мешавад. Дар спектри ин думҳои газдор рахҳои эмиссионии (нурафкании) нитрогени ионишуда, ангидриди карбонат, гази ғубори ангишт ҳосил мешаванд. Спектри думҳои кометаҳои газӣ ба спектри Офтоб якхел аст, зеро нури Офтобро акс карда, равшанӣ медиҳад.

Қисми асосии массаи комета дар ядроии он мучассам ёфта, дар кометаҳои азимтарин ҳам ин вазн аз як миллионуми массаи Замин зиёд нест. Зичии кома бошад, ҳамагӣ 10^{-12} – 10^{-13} г/см аст. Диаметри сари комета аз масса ва масофааш то Офтоб вобаста буда, аз 25000 км (кометаҳои хира) то 2 млн. км (кометаҳои равшан) ва думаш то 150 млн. км мерасад. Қисми асосии ин маълумотҳо соли 1986, ҳангоми даври навбатии наздикшавии кометай Галлей аз стансияҳои автомати «Чотго» (Британияи Кабир), «Планета» (Япония) ва «Вега» (Иттиҳоди собик) ба даст оварда шудааст.

То соли 1950 қариб 1500 комета ба қайд гирифта шуда, 400-тои онҳо то ихтирои телескоп ва боқимондашон бо ёрдами телескоп кашф шудаанд.



Расми 84. Мадори як гурӯҳ ситораҳои думдор дар атрофи Офтоб.

Мадори як гурӯҳ «ситораҳои думдор» дар атрофи Офтоб дар расми 84 оварда шудааст. Кометаҳо дар кучо «таваллуд мешаванд»? Чуноне олими голландӣ Й.Оорт тадқиқ кард, абрҳои бузургҳачми газӣ, ки дар ҳудуди низоми Офтобро ихотакарда ва то масофаи 20-ҳазор воҳиди астрономӣ тӯлкашида меҳобанд, манбаи кометаҳо мебошанд, яъне онҳо абрҳои Оорт номида шуданд. Ин навъ абр то масофаи 1 парсек тӯл кашида, ҳисоби китоб нишон дод, ки мадори ядроии баъзеи кометаҳои дар ин масофа ҳаракаткунанда дар тахти таъсири суръати берункунандаи

ситораҳо самти худро тағйир дода, мумкин аст, ки оқибат ба радифи Офтоб мубаддал шавад.

Ба сабаби доимо дар ҳолати яхбаста будани ин кометаҳои даври тӯлонидошта, онҳо қариб газ хорич намекунанд ва аз ҳамин рӯ, миллиардҳо сол бетағйир мемонанд. Аз ин боис, метавон онҳоро омӯхта, доир ба даври аввали таҳаввулоти низоми Офтоб маълумот чамъ кард. Баъзан таҳти таъсири ситораҳои наздику сайёраҳои низоми Офтоб перигелии мадори кометаҳо паст шуда, дар натиҷа, ҳатти мадори онҳо ба Офтоб наздик шуданаш мумкин мегардад. Чуноне ҳисобҳо нишон медиҳанд, дар натиҷаи ин таъсир баъзе ситораҳои думдор бо мурури вақт метавонанд ба мадори параболии берун аз низоми офтобӣ гузаранд.

§ 44. Метеорҳо («ситораҳои паррон») ва метеоритҳо

Шабона дар осмон из гузошта, «паридан»-и ситораро кӣ надидааст? Аммо шояд кам кас донанд, ки байни ин «ситораҳои паррон»-у ситораҳои ҳақиқӣ алоқае нест. Дар асл, онҳо зарраҳои майдаи сангии «дайдӯ»-и осмонанд. Массайи ин чирмҳо тақрибан ба миллиграммҳо баробар буда, андозаи онҳо ҳиссаҳои миллиметрро ташкил медиҳад. Ба Замин наздик шуда, онҳо бо суръати аз 10 то 70–80 км/с ба атмосфераи он дохил мешаванд. Бешубҳа, заррасангҳои ин навъ суръатгирифта ба молекулаҳои атмосфера соиш хӯрда, дурахшон мешаванд ва дар давоми парвоз тез хӯрда мешаванд. Худ аз худ маълум мешавад, ки дарозии роҳи ин «ситораҳои паррон»-и дар илм *метеор* номидашаванда аз ҳаҷмашон вобаста мешавад.

Ба миён омадани саволҳо дар хусуси пайдоиши зарраҳои метеорӣ, манбаъҳои онҳо ҳолати табиист. Гап дар сари он аст, ки дар тафриқа аз чирмҳои дигари низоми Офтоб, баъзе кометаҳо бо мурури вақт ба қисмҳо тақсим мешаванд, ҳар дафъа аз наздикии Офтоб гузашта истода, комета як қисми газу чанги худро хорич менамояд. Кометайи маълум газу чанги ядроӣ худро дар кадом муддат пурра сарф карданаширо олими рус С.В. Орлов барои кометайи Галлей ҳисоб кардааст. Чуноне ҳисобҳои ӯ маълум сохтанд, ин комета 330 маротиба дар атрофи Офтоб давр зада, яъне қариб дар муддати 25 ҳазор сол аз захираи газаш маҳрум мешавад.

Пурра тақсим шуда, нопадид шудани комета дар натиҷаи чараёни порча-порча шудани механикии он сурат мегирад. Ин ҳолат хеле зиёд мушоҳида шудааст. Хусусан, кометаи Биэла, ки соли 1846 ба мушоҳида гирифта шудааст, аз назди Офтоб гузашта, ба ду тақсим шудааст. Дар зоҳиршавии навбатии соли 1857 ин ду қисм аз ҳамдигар то ду миллион километр дур шуда, то имрӯз комета ягон бор мушоҳида нашудааст. Аз рӯйи ҳисобҳои пешакӣ, ин ду кометаи гумшуда мебоист соли 1872 аз наздикии Замин гузаранд. Вале дар вақти таъиншуда «борони метеорӣ» мушоҳида шуд (*расми 85*).

Олим Д.Д. Дубяго соли 1950 аҳамияти ядроии кометаҳои тақсимшударо дар ташаккули селаҳои метеорӣ омӯхта баромад. Чуноне ҳисобҳои ӯ нишон доданд, абри зарраҳои метеоре, ки ядроии кометаро «партофта рафтаанд», зери таъсири қувваи кашиши Офтоб дарозу васеъ шуда, баъди якчанд ҳазор сол гирди мадори комета як хел паҳн мешавад. Боқимондаҳои кометаҳои тақсимшуда дар оянда селаи метеорино ба вучуд меоранд.

Қирони (наздикшавии) «сӯрохкӯлча»-и комета, ки аз рӯйи мадораш паҳн шудааст, дар Замин борони метеорино ба вучуд овардааст ва дар илм тасдиқи худро ёфт. Яке аз боронҳои метеории мушоҳидашаванда – селаи метеории Персеид аз заррачаҳои ядроии кометаи тақсимшудаи «1862 III» номдошта ҳосил шудааст. Кометаи машҳури Галлей ҳам дар нуқтаи дар тарокуми ситоравии Орионид проексияшаванда (ин нуқтаи пайваस्तкунандаи



Расми 85. «Борон метеорӣ»-и.



Расми 86. «Борони метеорӣ»-и Драконид, ки дар тарокуми ситораҳои Аждаҳо проексия шудааст.

давоми ҳаракати метеороҳо – *радиант* номида мешавад) мушоҳида шудааст. Дар *расми 86* «борони метеори»-и Драконид, ки ҳар сол рӯзҳои 8–12 октябр дар тарокуми ситораҳои Аждаҳо рӯй медиҳад, тасвир ёфтааст.

Метеоритҳо (Шиҳобҳо). Баъзан сангҳои «дайдӯ»-и само хеле калон шуда, ҳангоми аз атмосфераи Замин гузаштан пурра намесӯзанд ва ба намуни болид ба сатҳи Замин меафтанд (*расми 87*). Онҳоро *метеорит* мегӯянд. Метеоритҳо одатан аз санг, оҳан, сангу оҳан ва баъзан ях иборат мешаванд.

Аз ҷӣ иборат будани чирми осмоние, ки соли 1908 ба бешаи Сибир афтида буд, сабаби талоши олимони гардида, то ҳол сирри нокушода аст.

«Меҳмон»-и сибирӣ саҳарӣ, баъди андак боло шудани Офтоб тақрибан 100 км шимолу ғарбтар аз деҳаи Вановаре, ки дар соҳили рости дарёи Подкаменная Тунгуска ҷойгир шудааст, ба Замин «ташриф» овардааст. Ин ҷисми осмонӣ, ки Замирро ба ларза оварда ба он «қадам ранчида» намудааст, баъдтар бо номи *метеорити Тунгус* дар фан шинохта шуд.

Чуноне ҳисобҳо нишон медиҳанд, ба сайёраамон сола зиёде аз 500 чунин сангпороҳо «ташриф» меоранд. Аммо агар ба ҳисоб гирем, ки қариб 70 % сатҳи Замирро об ихота кардааст, қариб 350-тои ин чирмҳои осмонӣ дар қабри баҳру уқёнусҳо ғарқ шуда, беному нишон мемонанд. Боқимондаи онҳо ҳам фақат ба ҷойи зисти аҳоли намеафтанд, аз ин рӯ, дидани онҳо ба ҳама ҳам насиб намегардад.

Ба Замин афтидани сангҳои осмонӣ аз қадим мушоҳида шуда, муқаддас ҳисобида мешаванд. Яке аз ҳамин чирмҳои «муқаддас» метеорити сангине, ки соли 1514 ба Германия афтода буд, мебошад. Он баъдан ба калисои наздик бурда гузошта шуда, «барои ба осмон парида нарафтаниш» занҷирбанд карда шудааст. Ин калисо низ барои тақводорон қадамҷойи муқаддас гаштааст.

Гарчи метеоритҳо бо суръати даҳҳо км дар як сония ба атмосфераи Замин дохил мешаванд, муқобилати пурқуввати ҳаво онҳоро тез «сард» мекунад.



Расми 87. Изи дар осмон мондаи метеорити ба сатҳи Замин афтода – болид.



Расми 88. Ҳавзаи дар натиҷаи афтодани метеорит дар штати Аризона пайдошуда.

Чуноне ҳисобу китобҳо нишон доданд, дами бархӯрдан ба Замин онҳо ҳамагӣ 200–300 км/с суръат доранду халос. Бархӯрди метеоритҳои суръаташон то 4 км дар як сониябуда бо таркиш итмом меёбад. Метеорит дар ҷойи бархӯрдаш кратер (танӯра) ҳосил мекунад, порчаҳои хурди он ба масофаи якчанд километр пош меҳӯранд.

Микдори энергияе, ки дар натиҷаи ба Замин бархӯрдани чирми осмонии суръаташ аз 4 км/с зиёд ҳосил мешавад, аз энергияи ҳар гуна моддаи таркандаи ҳамвазнаш зиёдтар аст. Агар як қисми ин энергияи метеорити суръатнок барои пурра буғ кардани он сарф шавад, қисми боқимондаш барои гарм кардани хоку ҳосил намудани танӯра сарф мешавад. Ҳисобҳо маълум сохтанд, ки барои ба ин суръат соҳиб шудан одатан массаи метеоритҳо хеле калон (то 100 тонна) мешавад. Аз ҳамин сабаб ҳам, дар Замин «меҳмон»-ҳои осмонии массаашон аз 100 тонна зиёдро ёфтани мумкин нест ва онҳо дар сатҳи заминӣ чун изи худ фақат танӯраҳои азим мемонанду халос. Яке аз чунин танӯраҳои азими ҳосилшуда аз метеорит дар штати Аризона (ИМА) ёфт шуда, диаметраш 1300 м ва чуқуриаш 175 метр аст (*расми 88*).

Савол ва супоришҳо:

1. Оё «ситораҳои думдор» дар ҳақиқат ҳам ситора ҳастанд?
2. Нахустин кометҳои даври аз тарафи кӣ ва кай аниқ шудааст?
3. Сабаби ба тарафи акси Офтоб самт гирифтани думи комета дар чист?
4. Ядрои кометаҳо аз чӣ таркиб ёфтааст? Думаш-чӣ?
5. Дар бораи кометҳои Галлей чӣхоро медонед?
6. Дар байни «ситораҳои паррон» ва кометаҳои порчашуда ё нобудшуда чӣ алоқамандӣ ҳаст?
7. Болиди чӣ ҳодиса аст ва аз чӣ дарак медиҳад?
8. Метеорит аз кадом ҷинсҳо таркиб ёфтааст?

9. Дар бораи кратери дар штати Аризонаи ИМА воқеъбуда чихоро медонед?
Дар бораи метеорити Тунгус чиро донед, баён кунед.

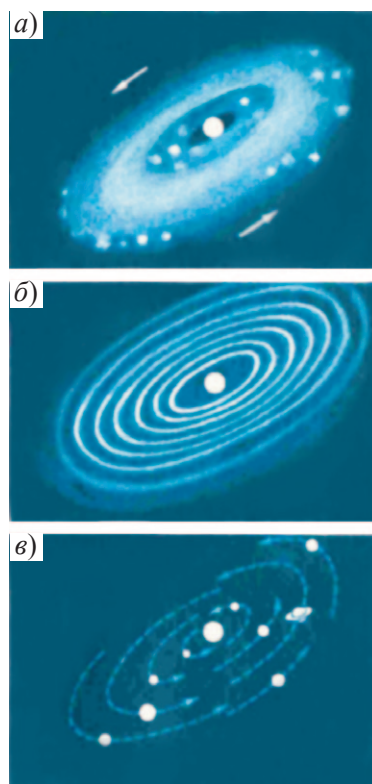
МАВЗЌИ 19. § 45. Назарияҳои муосир оид ба пайдоиши Системаи офтобӣ

Дар асри XVIII аввал И.Кант дар хусуси аз заррачаҳои хурди сардшуда ва баъдан Лаплас аз массаи калон ва даврзананда, фишурда шудани ғуборҳои меҳолуд пайдо шудани Системаи офтобиро эътироф карда буданд.

Маълумотҳои дар солҳои охир ба даст овардашуда муайян карданд, ки ба сабабҳои маълум Системаи офтобӣ бо роҳи гуфтаи Кант ва Лаплас ташаккул ёфта наметавонист. Аммо ба ин нигоҳ накарда, ин назарияи Кант ва Лаплас оид ба пайдошавии Системаи офтобӣ, аз материяи дигар (газ-чанг) ташкил ёфтани Системаи офтобӣ ҳангоми фаҳмонидани чараёни ташаккули Кайҳон бо ғояи материалистии худ омили муҳим маҳсуб мешавад.

Солҳои 40-уми асри гузашта болои ин назарияи космогонистӣ олими машҳури рус О.И. Шмидт шуғл варзид. Ба фикри ӯ, абри протосайёраҳо ба сабаби аз тарафи Офтоб боздошта шудани туманоти газ ташаккул ёфтааст. Агар боздошташавӣ марказӣ набошад, он гоҳ ин туманот давр зада наметавонад ва миқдори лаҳзаҳои ҳаракати он хеле калон мешавад. Барои ба ин фикр омадани олим, ба зиммаи протосайёраҳо рост омадани қисми калони лаҳзаҳои ҳаракат асос шуда буд (*расми 89 а*).

Мувофиқи гипотезаи ӯ, дар муҳити газ-чанг дар натиҷаи ҳаракат ва бархӯрди заррачаҳо абри калони дар атрофи Офтоб даврзанан-



Расми 89. Пайдо шудани Системаи офтобӣ.

да то ҳамвории экватор шакли фишурдаи худро ба вучуд овардааст. Дар ин масъала фақат муаммои атрофи Офтобро ихота кардан ва кай пайдо шудани абрҳои газ-чангӣ боқӣ мемонад. О. Шмидт ва олимони дар ин масъала ҳамфикр назарияро дастгирӣ намуданд, ки мувофиқи он Офтоб, ки дар қадим ҳудаш дар ҳамин муҳити чанг-газ пайдо шудааст, бо қувваи ҷозибаи худ як қисми туманоти газ-чангро ҷазб намуда, дар атрофи худаш ниғаҳ доштааст.

Дар оқибати газу чанги ихотакардаашро бо нурафканӣ гарм кардани Офтоб таркиби протосайёраҳои амсоли Замин дифференсиатсия шуда элементҳои вазнин дар марказ зич шуда ядроро, элементҳои сабук боло шуда мантия ва пӯсти онро ба вучуд овардаанд. Элементҳои сабуки аз гидроген ва гелий иборатёфта ба масофаи дур аз Офтоб ҳаво дода шуда, протосайёраҳои азимчусса ба вучуд омадаанд. Ин аз он ҳам маълум мешавад, ки сайёраҳои азимчуссаи аз Офтоб дур воқеъбуда дар таркибашон ба ғайр аз моддаҳои саҳти бо душворӣ обшаванда, боз аз «яҳ»-ҳои об, метан ва аммиак ташкил ёфтаанд.

Сайёраҳои монанди Замин фақат аз моддаҳои бо душворӣ обшаванда, бӯғнашаванда конденсатсия шуда тавониста, онҳо дар таркиби абри чангу газ нисбат ба «яҳҳо» миқдоран каманд. Барои ҳамин ҳам фикре пеш ронда мешавад, ки сайёраҳои монанди Замин фақат дар наздикии Офтоб ба вучуд омадаанд (*расми 89 б*).

Ҳамчунин дар натиҷаи бархӯрдҳо заррачаҳо ба ҳам пайваста дар ин соҳа анбӯҳҳои калону хурдро ба вучуд овардаанд. Он фикри олим ҳам шакли назарияро гирифта тасдиқ шудааст, ки мадори ин массаҳо ба атрофи Офтоб ҷой гирифта, ҳамаи онҳо тахминан дар ҳамвории як мадор хобида ва оқибат, моддаи бутуни дар байни ин массаҳо бударо дар худ таҷассум карда, намуди сайёраҳо гирифтааст (*расми 89 в*).

Барои зери таъсири ҷозибаи гравитатсионӣ ба дараҷаи сайёра расидани ин моддаи нав вақти тӯлонӣ зарур мешавад. Хусусан, вақте ки барои фишурдашавӣ ва то ҳолати ҳозирааш омадани Замин сарф шудааст, аз рӯйи ҳисобу китобҳо, на кам аз 100 млн сол аст. Ин тахмин ҳам, чуноне дар соҳтори Системаи офтобӣ мушоҳида мешавад, мувофиқи қонуни ҷозибаи масофаи байни сайёраҳо ба тадриҷи дуршавӣ аз Офтоб зиёдтар шуданаш дар

илми космогония тасдиқи худро ёфтааст. Чисмҳои андоза ва массааш калон ба сайёраи сард, аз ҷумла Замин афтада, онро тафсониданд. Дар об шудани мантияи Замин чараёни физикии дигар – гармии иловагии дар натиҷаи хӯрдашавии элементҳои радиоактивӣ ҷудошуда ҳам нақши калон бозидааст.

Ин гармӣ ҳодисаҳои вулкани, уқёнус ва қабати нахустини атмосфераро ба вуҷуд оварда, сабаби пайдошавии пӯсти Замин шудааст. Атмосфераҳои нахустини Замин ва Венера дар аввал ба ҳам монанд буда, баъдтар дар натиҷаи таҳаввулоти онҳо тағйир ёфтааст. Масалан, ҷуноне натиҷаҳои олимон нишон медиҳад, захираҳои оби Замин ва дунёи набототи он ангидриди карбонатро фуру бурда, атмосфераро бо оксиген ғанӣ намудааст ва бо ҳамин ҳаётро дар Замин бедор намудааст.

Академик В.Г. Фесенков бошад, ба ин эҳтимолияти калон, ки айнан ҳамин муҳити аз газу ҷанг иборат сабабгори ба вуҷудоии Офтоб будааст, ишора намуда, фикри онро медиҳад, ки дар зинаи аввали ташаккули масса ба ҳамвории экватори худ ҳаво додани моддаҳои нисбатан тунук ба ҳақиқат наздик аст. Ба фикри ӯ, сайёраҳо аз абри ихотакунандаи Офтоб, ки бо моддаҳои аз массаи марказӣ ҳаво додашуда ғанӣ шудааст, пайдо шудаанд. Мувофиқи ҳисобу китобҳои охирин, ки ба ин назария асос карда шудааст, Офтоб бо мурури вақт хурд ва сард шуда, ба ҳолати имрӯза омадааст.

Савол ва супоришҳо:

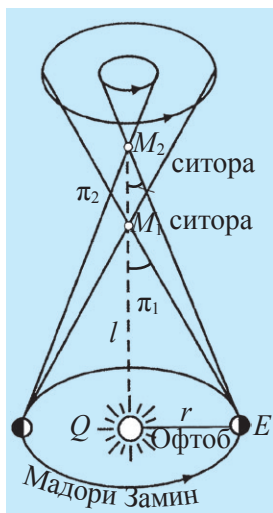
1. Дар тахминҳои нахустини Кант ва Лаплас доир ба пайдо шудани Системаи офтобӣ кадом назарҳои мусбӣ буданд?
2. Тахминҳои О.Шмидт доир ба пайдо шудани Системаи офтобӣ дар фан бо кадом асоси ҳисобу китоб ҷойи худро дарёфтааст?
3. Гипотезаи академик В.Фесенков ташаккули сайёраҳои атрофи Офтобро чӣ хел мефаҳмонад?

БОБИ V. СИТОРАҲО

МАВЗЌИ 20. § 46. Параллаксии солона ва аниқ кардани масофа то ситораҳо

Муайянкунии масофа то ситораҳо ба лағзиши солонаи параллаксии онҳо асос меёбад. Мушоҳид аз Замин, ки дар атрофи Офтоб дар доираи диаметраш қариб 150 миллион километр ҳаракат мекунад, дар партави ситораҳои дур дар давоми як сол (ҳангоми уфуқан ҷойгиршавии ситора нисбат ба ҳамвории мадори Замин) ба шакли доира ва эллипс (ҳангоми зери кунҷ ҷойгиршавии ситора нисбат ба ҳамвории мадори Замин) лағзидани ситораҳои хурдро дида метавонад.

Ин навъ андозаҳои камонсифат (доира ё ки эллипс) лағзиши параллаксии ситораҳо номида шуда, дар вобастагӣ аз дурии ин ҷисмҳо калону хурд буда, имкон медиҳад, ки ҳангоми нигоҳ кардан аз ҷисми мунир, радиуси π кунҷи намоёни мадори Замин, ки ба хатти назар рост аст, чен шавад (*дар расми 90-барои ду M_1 ва M_2 нишондиҳандаи π_1 ва π_2 оварда шудааст*). Ин кунҷи параллаксии солонаи ҷисми мунир π , дар навбати худ барои чен кардани масофа байни ин ҷисми мунир ва Системаи офтобӣ (Замин ҳам) имкон медиҳад. Дар ҳақиқат, аз секунҷаи росткунҷаи QEM_1



Расми 90. Параллаксии солонаи ситораҳо.

$$\sin \pi = \frac{r}{l} \quad \text{ё} \quad l = \frac{r}{\sin \pi},$$

ин ҷо: r – радиуси мадори Замин; l – масофа то ҷисми мунир. Кунҷи параллаксии солона π хеле хурд буда, алоқаи байни параллаксии ситора ва масофаи

r - ро бо ёрии формулаи ($r=1$ в.а. = $\frac{1}{206265}$ пк аст):

$$l = \frac{r}{\pi \cdot \sin 1''} = \frac{1 \cdot 206265}{\pi} \text{ ва масофа дар пк бо}$$

$$l = \frac{1}{\pi} \text{ ифода меёбад}$$

Бори аввал соли 1886 бо ҳамин усул параллаксии солонаи Вега (алфаи тарокуми ситораҳои Лира) чен

шуда, масофаи то ин ситора бударо асосгузори обсерваторияи машҳури Пулково В.Я. Струве аниқ кардааст.

Бо ин усул масофаи ситораҳои нисбатан наздик воқеъбуда ($\pi \geq 0,01''$) аниқ карда шуда, масофа то ситораҳои дуртарин дар парсекҳо, бузургҳои намоён ва мутлақи онҳо дар асоси (m, M) бо ёрии формулаи зерин ёфта шуда, он *параллакси спектралӣ* номида мешавад:

$$\lg r = \frac{m-M}{5} + 1 \text{ (пк)}$$

§ 47. Аниқ кардани андоза ва параметрҳои ситораҳо *

1. Аз сабаби хеле дур воқеъ гаштани ситораҳо, ҳатто вақти дидан аз телескоп низ, онҳо шабеҳи нукта метобанд. Фақат андозаҳои кунҷии баъзеи ситораҳоро ба воситаи телескопи махсус – интерферометри ситораӣ чен кардан мумкин аст.

Дар ҳоли маълум будани диаметри зоҳирии бо ин усул аниқшудаи ситора (d''), масофа то он – l , андозаи хаттии ситора (диаметраш) D аз рӯи ифодаи зерин ёфта мешавад:

$$D = l \cdot \sin d''.$$

2. Вале ба сабаби ба шакли нукта зоҳир шудани аксарияти ситораҳо, баъри дарёфти андозаҳои ситора аз усули дигар истифода мешавад. Маълум аст, ки ситораҳоро ҳамчун ҷисми мутлақ сиёҳ қабул намуда, қувваи афканишоти онҳоро аз рӯи қонуни Стефан-Болсман $L_* = S_* \cdot \sigma \cdot T^4$ ифода кардан мумкин аст, чунки энергияи афканишоти аз воҳиди сатҳ баромада истодааш бо ёрии $\sigma \cdot T^4$ ёфта мешавад. Дар ин ҷо σ – доимии Стефан-Болсман $5,7 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м² · К⁴), S_* – сатҳи ситораро (сатҳи кураро), T – ҳарорати сатҳро ифода мекунад. Сатҳи кура $S = 4\pi \cdot R^2$ бошад, равшании ситораҳо $L_* = 4\pi R_*^2 \cdot \sigma T_*^4$ мешавад.

Агар ин ифодаро барои Офтоб нависем, $L_{\odot} = 4\pi R_{\odot}^2 \cdot \sigma T_{\odot}^4$ мешавад. Нисбати тарафҳои мувофиқи ин ифодаро гирем, ба ифодаи

$$\frac{L_*}{L_{\odot}} = \left(\frac{T_*}{T_{\odot}} \right)^4 \cdot \left(\frac{R_*}{R_{\odot}} \right)^2$$

дастёб мешавем.

Акнун ҳарду тарафи ифодаро ба таги реша гирем, баъд логарифмонем, радиуси ситораро дар воҳиди радиуси Офтоб ($R_{\odot}=1$) аз баробарии зерин меёбем:

$$\lg R_* = \frac{1}{2} \lg \frac{L_*}{L_{\odot}} - 2 \lg \frac{T_{\odot}}{T_*}.$$

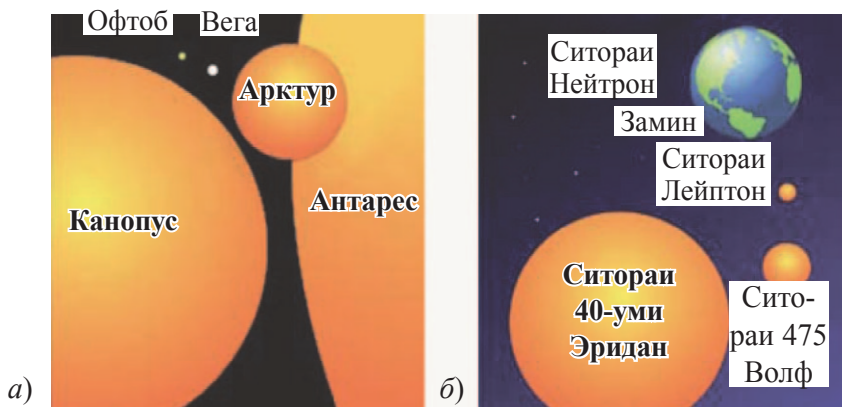
Барои мисол, радиуси Офтобро (R_{\odot}) аз рӯи радиуси зохириаш ($\rho_{\odot}=16'$) меёбем, он гоҳ:

$$\operatorname{tg} \rho = \frac{R_{\odot}}{\Delta}$$

мешавад, ин ҷо $\Delta=1,5 \cdot 10^{11}$ м – масофаи миёна аз Замин то Офтоб. Дар ин ҳол радиуси Офтоб:

$R_{\odot}=1,5 \cdot 10^{11} \cdot \operatorname{tg} 16' \approx 7 \cdot 10^8$ м ё тахминан ба 700 000 километр баробар мешавад. Дар байни ситораҳои азим ва фавқулазим чирмхое ҳам вомехӯранд, ки радиусашон аз Офтоб ҳазорон маротиба калон аст. Радиуси ситораи VV номидашудаи тарокуми ситораҳои Сефей аз Офтоб 6000 маротиба калонтар аст.

Радиуси ситораи равшантарин Шабоҳанг (Сириус) аз Офтоб 2 маротиба калон, яъне тақрибан 1 400 000 км аст. Баъзе ситораҳои дигар бошад, баръакс радиуси чанд маротиба аз Офтоб хурдро доранд ва чун сайёраҳо, якчанд ҳазор километрро ташкил мекунанду халос. Аксарияти ин ситораҳо ранги сафед дошта, резаситораҳои сафед номида мешаванд. Дар *расми 91* андозаҳои ситораҳои сурхи азим ва резаситораҳои сафед бо бузургии Офтоб ва Замин муқоиса шудаанд.



Расми 91. Ситораҳои фавқулҷуссаи ҳамандозаи Офтоб (а) бо резаситораҳои ҳамандозаи Замин (б) муқоиса шудаанд.

§ 48. Ранг ва ҳарорати ситораҳо

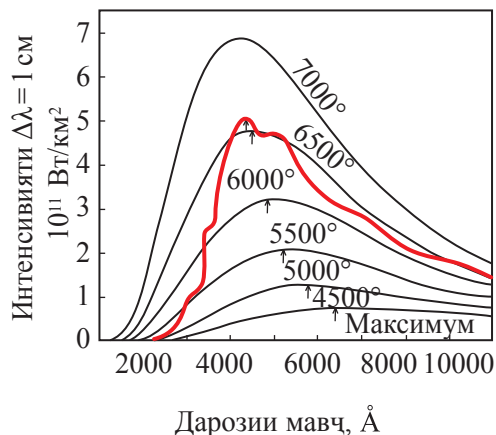
1. Касе, ки бодикқат осмони пурситораро наззора мекунад, осон пай мебарад, ки онҳо аз ҳамдигар бо рангашон фарқ мекунанд. Масалан, Офтоб ба синфи ситораҳои зард дохил шуда, ҳарорати сатҳи он 6000 К аст. Ҳарорати ситораҳои сурх дар атрофи 2500–3000 К, ситораҳои зард 3500–4000 К, ҳарорати ситораҳои рангаш сафед дар атрофи 17000–18000 К мешавад. Дар байни ситораҳои намоёни само тафсонтаринаш ба ранги кабуд даромада, ҳарорати он ба 25000–50000 К баробар мешавад.

Якчанд усули ченкунии ҳарорати сатҳи сайёраҳо мавҷуд буда, аз рӯи якеи онҳо, ҳарорати ситора аз рӯи тақсимоги энергия дар спектри бефосилаи он муайян карда мешавад. Барои ин, максимуми энергияи афканиш дар тақя ба дарозии мавҷи мувофиқ аз рӯи қонуни лағзиши зерини Вин ёфта мешавад (*расми 92*):

$$\lambda_{\text{макс}} \cdot T = 0,29 \text{ град} \cdot \text{см.}$$

2. Ва боз, аз рӯи нишондиҳандаи ранг (CI), ки дар асоси фарқи бузургиҳои ситорагии ($m_{\text{фг}} - m_{\text{фв}} = CI$) бо роҳи фотография ё фотовизуалӣ дар филтрҳои махсуси рангии ситора гирифта шудааст, ҳарорати онро муайян мекунанд. Ранги ситораҳо чӣ қадар ба кабуд наздик шавад, ҳамон қадар ҳарораташон зиёдтар мегардад. Ҳарорате, ки бо ин усулҳо ёфта мешавад, фақат ба сатҳи ситораҳо мутааллиқ буда, ҳарорати дохилии онҳо бо дарназардошти спектр, масса, зичӣ ва фишори дарунии онҳо аниқ карда мешавад. Ҳароратҳои дохилии ситораҳо, ки бо ин воситаҳо муайян карда шудаанд, аз якчанд миллион то даҳҳо миллион дараҷа (дар марказаш) мерасад. Чунончи, дар маркази Офтоб ҳарорат ба 15 миллион дараҷа баробар аст. Дар ситораҳои тафсон ҳарорат то 50–100 миллион градус аст.

Расми 92. Тақсимшавии энергия дар спектри сайёраҳо (хатти сурх – барои Офтоб)



Савол ва супоришҳо:

1. Кунчи параллакси солонаро барои ситораи муайян нишон диҳед.
2. Мувофиқи кунчи параллакси солонии додашуда масофаи он дар парсекҳо чӣ тавр ёфта мешавад?
3. Дар асоси параллакси спектралӣ масофа то ситораҳо чӣ тавр ёфта мешавад?
4. Дар байни равшанӣ ва радиуси ситораҳо кадом алоқамандӣ мавҷуд аст?
5. Ҳарорати ситораҳо бо кадом усулҳо ёфта мешавад?

МАВЗЌИ 21. § 49. Қадри мутлақи ситораҳо ва алоқамандии он бо равшании онҳо *

Қадри зохирии сайёраҳо имкон намедихад, ки равшании пурраи онҳо (микдори энергияи дар вақти муайян аз онҳо хориҷшудаи афканишот) муқоиса карда шавад. Зеро қадри зохирии ду ситораи як хел равшанидошта ва дар масофаи гуногун хобида як хел буда наметавонад. Бинобарин, масофа ро то ситораҳо надониста, аз рӯйи қадри зохириашон илоҷи муқоиса кардани равшании онҳо нест. Барои ҳалли ин масъала олимони мақсад карданд, ки тамоми ситораҳоро то Замин (ё Офтоб) ба як масофа оварда, қадри ситораиро аниқ кунанд ва дар ҳамин асос, равшании ҳақиқии онҳоро муқоиса намоянд. Чун воҳиди ин масофа астрономҳо масофаи 10 парсекро қабул намуданд. Ана ҳамин тавр, қадри зохирии ситораҳое, ки дар масофаи 10 парсек то Замин аниқ шудааст, *қадри мутлақи ситораи* номида шуда бо ҳарфи M ифода гашт. Ин масофаи намунавии 10 парсека тахминан ба $2 \cdot 10^6$ воҳиди астрономӣ баробар мебошад. Аз ин рӯ, шиддатнокии Офтоб дар масофаи 10 парсек, аз шиддатнокии он дар масофаи 1 в.а. баробар, $\frac{1}{(2 \cdot 10^6)^2}$ (яъне $4 \cdot 10^{12}$) маротиба кам мешавад. Агар ба эътибор гирифта шавад, ки ҳар 100 маротиба камшавии шиддатнокӣ ба 5 қадри ситораи баробар аст, пас, $4 \cdot 10^{12}$ бор камшавии шиддатнокӣ ба 31,5 маротиба зиёдшавии қадри ситораи оварда мерасонад.

Бинобарин, қадри зохирии ситораи Офтоб, ки ба масофаи 10 парсек «оварда» шудааст, ба $-26,7 + 31,5 = +4,8$ баробар будааст. Дигар хел карда гӯем, қадри мутлақи ситораи Офтоб ба $M_{\odot} = +4,8$ баробар аст гуфта хулоса кардан мумкин аст. Қадри зохирии ситораи ба мо наздиктарини тарокуми ситораҳои Сентавра (Проксима) ба $m = 0$ баробар буда, масофаи он то Офтоб 1,3 парсек аст. Он ба масофаи 10 парсек оварда шавад, шиддатнокиаш

$\left(\frac{10}{1,3}\right)^2 = 8^2 = 64$ маротиба кам мешавад. Ин ба 4,5 маротиба зиёдшавии бузургии ситораи оварда мерасонад. Пас, кадри мутлақи он ба $M_p = 0 + 4,5 = +4,5$ баробар мешавад. Аз ин ҷо чунин бармеояд, ки агар бузургии зохирии ягон ситора ва масофа то онҳо дар парсекҳо маълум бошад, кадри мутлақи онро ҳисоб кардан осон мегардад. Барои ин астрономҳо формулаи махсуси зеринро ҳам аниқ кардаанд:

$$M = m + 5 - 5 \lg r,$$

Ин ҷо r – масофа то ситора, ки дар парсекҳо ифода шудааст.

Агар Офтоб ва ситораи дилхоҳ дар кадри мутлақи (M_\odot ва M_*) дода шуда бошад, дар он ҳол логарифми нисбати равшании онҳо аз рӯи ифодаи зерин ёфта мешавад:

$$\lg\left(\frac{L_*}{L_\odot}\right) = 0,4(M_\odot - M_*).$$

Чуноне омӯзиши ситораҳо нишон дод, равшании онҳо аз 0,0001 ҳиссаи равшании Офтоб то ба якчанд даҳ ҳазор дараҷаи равшании Офтоб тағйир меёфтааст. Дар байни ситораҳои равшантарин ситораҳои азим ва фавқулазим мавқеи алоҳидаро ишғол мекунанд. Қисми асосии ситораҳои азим ҳарорати нисбатан пастӣ сатҳӣ ($3,4 \cdot 10^3$ К) дошта, ба сабаби рангашон сурх будан, *ситораҳои азими сурх* ном гирифтаанд. Алдебаран (ситораи равшантарини тарокуми Савр), Арктур (ситораи равшантарин дар сурати фалакии Говрон) вакилҳои ҳақиқии ситораҳои сурх ба ҳисоб мераванд.

Ситораҳои фавқулазим бошанд, одатан рангҳои гуногун дошта, равшаниашон аз Офтоб дида даҳҳо маротиба зиёдтар аст. Метавон ҳамчун мисол ситораҳои фавқулазими кабуд Ригел (талаффузи вайроншудаи «Риҷ-ал-Чавзо» – «Пойи паҳлавон»-бетаи тарокуми ситораи Орион); фавқулазими сурх Антарес (ситораи равшантарини тарокуми Ақраб); Бетелгейзе (талаффузи вайроншудаи «Ибт-ал-Чавзо» – «Китфи чапи паҳлавон»-ситораи равшантарини Орион)-ро овард. Спектри ситораҳои равшании гуногун дошта низ аз ҳамдигар андаке фарқ мекунад. Ба тӯфайли ҳамин, баъзан метавон аз рӯи рахҳои спектраш равшании ситораро муайян кард. Бо ёрии кадри зохирии ситораҳои равшаниашон ба ин усул аниқшуда, масофаи то онҳо бударо ёфтан мумкин аст. Бо ин восита муайян кардани масофаҳо то ситораҳои усули *параллакси спектрӣ* номида мешавад. Афзалияти усули параллаксӣ аз усулҳои тригонометрӣ дар ин аст, ки параллакси спектралӣ имкони ҷен кар-

дани масофаи тамоми чисмҳои мунири дар дур воқеъбуда ва спектрашон гирифташавандаро медиҳад.

§ 50. Спектр ва синфҳои спектрии ситораҳо

Маълумотҳои муҳимро дар бораи ситораҳо астрономҳо аз рӯйи таҳлили спектри онҳо мегиранд. Спектри ситораҳо, хусусан спектри Офтоб ҳам спектри раҳдори фурубурд буда, аз раҳҳои фурубурди (франгоуфери) мансуби ион, атом ва молекулаҳои спектри равшаниаш ҳамбаст иборат мешавад.

Спектри сайёраҳо аз рӯйи ба таври гуногун тақсим шудани қимати энергияи афканишот ба тӯли мавҷашон аз ҳамдигар фарқ мекунанд. Ҳамчунин, ин спектрҳо бо раҳҳои мансуб ба элементҳои гуногуни инъикоскунандаи таркиби кимёвии онҳо ва шиддатнокии ин раҳҳо аз ҳамдигар фарқ мекунанд.

Таркиби кимёвии ситораҳо, ки ҳарораташон наздик аст, чандон аз ҳамдигар фарқ намекунад. Элементҳои дар спектри ситораҳо зиёдтар пахншуда гидроген ва гелий аст. Дарачаи шиддатнокии дар спектри ситораҳо мушохидашудаи ин элементҳо ҳолати физикии атмосфераи ситораи зеринро муайян карда, аз бисёр ҷиҳат ба ҳарорати он вобаста аст.

Спектрҳои ситораҳо ба ҳафт синфи асосии спектри ҷудо шудаанд. Онҳо бо ҳарфҳои латинӣ ифода гардида, бо тартиби зерин ҷойгир гаштаанд: O–B–A–F–G–K–M. Спектри ҳар як гурӯҳ, дар навбати худ, боз ба 10 синфи хурди дигар тақсим мешавад. Масалан, ситораҳои синфи A ба синфҳои хурди A0, A1, A2, ..., A9 тақсим шудааст (аз рӯйи спектраш Офтоб ба синфи G2 дохил мешавад). Пайдарҳамии синфҳо пеш аз ҳама, дар пайихамии ҳарорату ранги ситораҳо акси худро меёбад. Дар ҳоле ки дар спектри ситораҳои нисбатан сардтар раҳҳои пайваста, атомҳои нейтралу ҳатто молекулаҳо бисёртар воқеъ мегарданд, дар спектри ситораҳои тафсонунилобиранг раҳҳои атомҳои ионшуда зиёдтаранд. Дар спектри ситораҳои *синфи O раҳҳои фурубурдаи шиддатноки нитрогену оксиген, гелий, карбони ионишуда* ва ҳамчунин дар қисми ултрабунафши спектр раҳҳои ионшудаи атомҳои баъзе элементҳои кимёвӣ воқеъ мегарданд. Ҳарорати ин навъ ситораҳои ҳаворанг то 25000–50000 °C мерасад.

Дар спектри ситораҳои *синфи B* раҳҳои гелии нейтрал хеле пуршидат мешаванд. Ҳарорати ин гуна ситораҳои *сафеди осмонранг* дар атрофи ~17000 °C мешавад.

Дар спектри ситораҳои *синфи А* рахҳои фурубурди гидроген, рахҳои ионишудаи *Са шиддатнок* буда, ҳарораташ ~11000 °С аст. Рангаш сафед аст.

Рахҳои гидроген дар спектри ситораҳои *синфи F* сусти гашта, рахҳои калсийи ионишуда *пуришддат* мешавад. Ранги ситораҳои ин синф зард. Аз *оҳан ва титан* бой аст. Ҳарораташ ~ 7000 °С аст.

Дар спектри ситораҳои *синфи G* (аз чумла, Офтоб) рахҳои атомҳои *нейтрал ва қисман ионишудаи калсий* *васеъ паҳн шуда, пуришддатанд*. Рахҳои гидроген хеле сусти шудаанд, (яъне шиддатнокиашонро гум кардаанд). Ҳарораташ ~6000 °С. Рангаш зард.

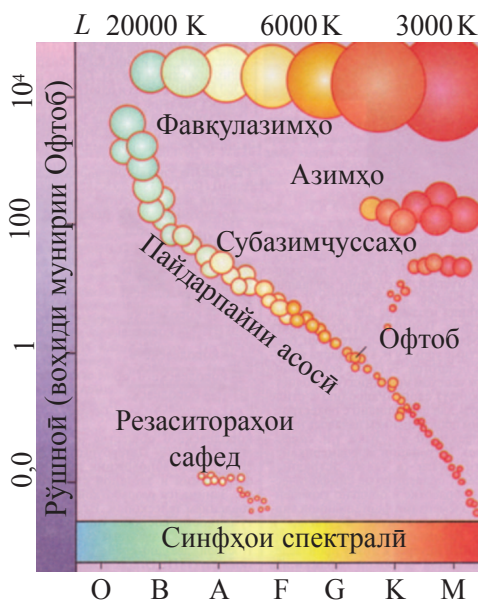
Дар спектри ситораҳои *синфи K*, яқоя бо рахҳои фурубурди металлӣ боз *рахҳои пайвасти молекулавӣ ҳам мушоҳида мешаванд*. Рангаш сурхчатоб, ҳарораташ ~3500 °С аст.

Дар спектри ситораҳои *синфи M* бошад, *рахҳои металлӣ сусти шуда, тасмаҳои спектрии молекулаҳо* (хусусан, молекулаҳои оксиди титан) *пуришддат* мегарданд. Рангашон сурх ва ҳарораташон 2500°С мебошад.

Ҷуногун будани спектри ситораҳо бо тафрикаи шароити физикӣ, таркиби кимёвӣ ва муҳимтаринаш, пастубаландии ҳарорати онҳо фаҳмонида мешавад. Бо баландшавии ҳарорати ситора, молекулаҳои атмосфераи он зиёдтар ба атомҳо тақсим мешавад. Дар шароити ҳарорати боз ҳам баландтар атом низ таҷзия шуда, электронҳояшро гум мекунад ва ба ионҳо мубаддал мегардад. Ин аз таҳлили синфҳои спектрии ситораҳо осон дида мешавад.

§ 51. Диаграммаи спектрӣ-равшанӣ

Ҷуноне мушоҳидаҳо нишон доданд, байни синфҳои спектрии ситораҳо ва ҳарорати онҳо алоқа мавҷуд мебошад. Баъди аниқ шудани он, ки равшании ситораҳо бо қадри мутлақи онҳо низ ифода ёфта метавонад, олимони тахмине пеш бурданд, ки байни ин ду алоқамандӣ вобастагӣ мавҷуд мебошад. Аввалҳои асри XX ин вобастагиро астрономи даниягӣ Гершпрунг ва астрофизики амрикоӣ Расселл кашф намуданд. Ҷуноне маълум гашт, агар ба хатти яке аз тирҳои координатаи синфҳои спектрии ситораҳо ва ба хатти тирӣ дуҷум синфҳои спектрӣ гузошта шавад, вобастагии ин андозаҳо ба сифати диаграмма ба яқчанд гурӯҳ тақсим шуда намоён мешавад. Диаграммае, ки ин вобастагиро ифода мекунад, баъдтар диаграммаи равшанӣ ё ки диаграммаи Гершпрунг-Расселл номида шудааст. Дар диаграммаи спектрӣ дар хатти параллел қадри мутлақи ситораҳо, равшании онҳо (дар воҳиди равшании



Расми 93. Диаграммаи спектри-равшанӣ

Офтоб, яъне $L_{\odot} = 1$), дар хатти параллели спектри бошад, хосиятҳои рангӣ ё ки ҳарорати самараноки онҳо ҷойгир шудааст (расми 93). Диаграммаи Гершпрунг-Рассел ситораҳоро аз рӯи табиати умумии физикӣ ба гурӯҳҳо тақсим мекунад. Ин диаграмма имкон медиҳад, ки алоқамандии андозаҳои ҳарорат, равшанӣ, синфи спектралӣ ва қадри мутлақи ситораҳо аниқ карда шавад. Аксарияти ситораҳо дар ин диаграмма дар хатти қачи *пайдарпайи асосӣ* номидашаванда ҷойгир шуда, дар қисми болоии хат ситораҳои равшаниии баланддошта ва ба синфҳои спектрии ибтидоӣ мансуб воқеъ гашта, дар тарафи рост ситораҳо бо қадри паст шудани равшанӣ (*бинобарин, ҳарорат*) ва мансубият ба

синфҳои баъдина ҷой гирифтаанд.

Дар қисмати болоии хатти қачи пайдарпайи асосӣ *ситораҳои азим* ва *фавқулазими* (қадри мутлақашон тақрибан 0^m – буда) ҷойгир шудаанд, ки ҳарораташон нисбатан паст, аммо диаметрашон хеле калону мувофиқан, равшаниашон баланду қадри мутлақашон -4^m , -5^m мебошад. Дар қисми поёнии диаграмма бошад, асосан гурӯҳи алоҳида – *резаситораҳо* ҷой гирифтаанд, ки ба синфи спектралӣ А дохил шуда, равшаниии нисбатан кам доранд.

Савол ва супоришҳо:

1. Қадри зохирии мутлақи ситораҳо гуфта кадом қадри зохириро меғӯянд?
2. Формулаи ифодакунандаи муносибати қадри зохирий ва мутлақи ситораҳоро нависед.
3. Дар бораи синфҳои спектралӣ ситораҳо чӣҳоро медонед?
4. Синфҳои спектралӣ ситораҳо ба ҳарорат ва ранги онҳо чӣ алоқамандӣ дорад?
5. Диаграммаи спектри-равшанӣ кадом параметрҳои физикии ба ситораҳо вобастаро ба ҳам алоқаманд мекунад?

6. Ситораҳои дар пайдарпайии асосӣ хобида бо кадом хусусиятҳояшон аз фавқулазим ва резаситораҳо фарқ мекунанд?
7. Дар байни қадри мутлақи ситораҳо ва равшании онҳо чӣ гуна алоқамандӣ ҳаст?

МАВЗҶИ 22. § 52. Қўшаситораҳои физикӣ ва навъҳои он

Гарчи ба назар чунин мерасад, ки дар осмон ситораҳо якка-якка воқеъ шудаанд, дар асл аксарияти онҳо дутоӣ, сетоӣ ва зиёдтар бо ҳам ба таври динамикӣ вобаставу алоқаманданд.

Аз байни онҳо хусусан қўшаситораҳо (яъне ҷуфтситораҳо) бисёртар вомехўранд. Одатан мадори ситораҳои дукўшаи дар атрофи массаи умумӣ даврзананда дар як ҳамворӣ хобида, даври гардишашон як хел мешавад. Дар байни онҳо хусусан дукўшаҳо (яъне ҷуфташон) бисёртар вомехўранд. Аммо ҳама қўшаситора намудагон ҳам дар асл дар ин ҳолат намешавад. Бисёре аз ситораҳои дукўша зохиран дукўша мебошанд, яъне наздикии онҳо зохири буда, дар фазо онҳо аз ҳамдигар дур мебошанд. Чунин ситораҳо *қўшаситораи оптикӣ* номида мешаванд.

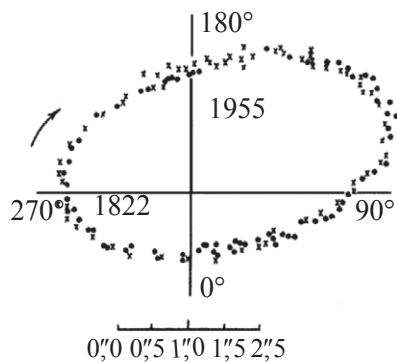
Навъҳои дукўшаҳои визуалӣ. Агар дар мавриди бо телескопи пурқувват бевосита мушоҳида кардан дар масофаи камони аз ҳамдигар алоҳида дидан мумкинбуда ҷой гирифта бошад, чунин ситораҳоро *қўшаситораҳои визуалӣ* меноманд.

Агар ҷузъҳои қўшаситора ҳангоми даврзании якҷоя ба ҳамдигар хеле зич ва дар масофаи камони хеле хурд наздик шаванд, онҳоро ҳатто бо телескопи пурзўр ҳам ҷудоғона наметавон мушоҳида намуд. Дар чунин маврид ҷуфтгӣ мавҷударо фақат ба воситаи таҳлили фотометри ё усули спектралӣ муайян кардан мумкин аст. Чунин ситорагонро *қўшаситораҳои спектралӣ* меноманд.

Чун мисоли қўшаситораи визуалӣ метавон ситораи дуюмро аз охири «дастаи кафлез»-и бурҷи Дуби Акбар мисол овард. Арабҳои қадим ин ситораро мушоҳида карда ба он Суҳо (савора) ном гузоштаанд. Ситораи хурди назди он, ки бо душворӣ менамояд, Митсар ном дорад. Ин ду ситора дар гунбади осмон аз якдигар дар алоқаи динамикӣ воқеъ гардида, қўшаситораи визуалианд. Масофаи байни онҳо 11' аст. Бо дурбини оддӣ миқдори зиёди чунин

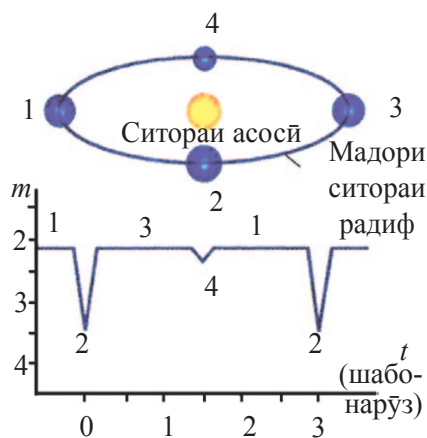


Расми 94. Дукӯшаҳои дар тарокумҳои шиноси ситораҳо мушоҳидашаванда (кадри ситораҳо ва масофаи байни камон дода шудааст)



Расми 95. Ситораи дукӯшаи визуалӣ (мадори ситораи ξ бурчи Дубби Акбар.

ситораҳои ҷуфтро ёфтани мумкин аст (расми 94). Дар расми 95 мадори радифи дар нисбати Ситораи дукӯшаи визуалӣ ситораи асосии ξ бурчи Дуби Акбар оварда шудааст.



96-rasm. Ситораи дукӯшаи гирифташаванда (Алғул – β-и Персей)

Вакили типии ситораҳои гирифташавандаи дукӯша ситораи β – бурчи ситорагии Персей аст, ки дар қадим арабҳо муайян карда ба он номи Алғул (маънои «Чашми дев»-ро медиҳад) додаанд. Аз сабаби он, ки ҳамвори мадории ин ситораҳои дукӯша дар ҳатти назар меҳобад, онҳо якдигарро панаҳ карда мегузаранд ва дар натиҷа, ин ҳол равшании ситораҳо ба таври даврӣ (~3 шабонарӯзӣ) тағйир дода, аз дукӯшагии он дарак медиҳад (расми 96).

Ва ниҳоят, дукӯшагии ситораҳои дукӯшаи спектралӣ аз нисбати ҳамдигар ба тав-

ри даврӣ лағжидани хатҳои умумии (хатҳои дар спектри ҳардуи ситораҳо мавҷуда) болои ҳамдигар афтидаи спектри онҳо (ба тӯфайли дар атрофи ситораи асосӣ давр задани ситораи радиф) фаҳмида мешавад.

§ 53. Ҳисобкунии массаи ситораҳо **

Массаи ситора яке аз муҳимтарин хосиятҳо маҳсуб мешавад, ки шароитҳои физикии қаъри ситора аз он вобастагии калон дорад. Дар тафрика аз андозаҳои дигари ситораҳо, аниқ кардани массаи онҳо аз масъалаҳои мураккабтарини фан ба ҳисоб меравад. Агар ситора радиф дошта бошад, массаи ситораро аз рӯи таъсири гравитатсионии ба радифаш дошта, дар асоси қонуни аниқшудаи 3-юми Кеплер ҳисоб кардан мумкин аст.

Чамъи массаҳоро аз рӯи нисбати даври *гардиш дар атрофи* маркази массаи умумии ситораҳои дукӯша ва қимати *A* нимтири калони мадори ситораи радифро аз ифодаи зерин меёбем:

$$\frac{T^2 (M_{ac} + m_p)}{A^3} = \frac{4\pi^2}{G} = 5,9 \cdot 10^{11} \frac{\text{кг} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^3},$$

дар ин ҳол ҳосили чамъи массаҳо:

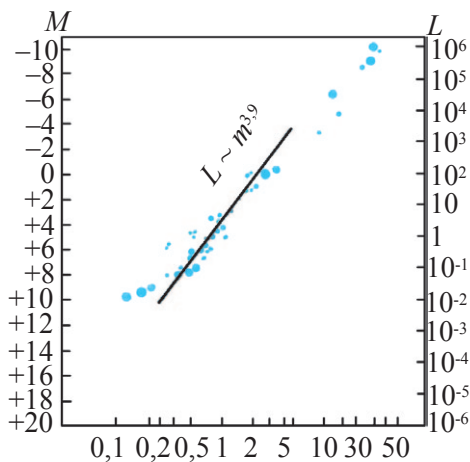
$$M_{ac} + m_p = 5,9 \cdot 10^{11} \frac{\text{кг} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^3} \cdot \frac{A^3}{T^2},$$

Ин ҷо: M_{ac} , m_p – мувофиқан массаҳои ситораи асосӣ ва радифро; A – нимтири калони мадори ситораи радиф бар ситораи асосиро; T – даври ситораҳои дукӯшаро G – доимии гравитатсиониро ифода мекунад (ин ҷо T дар сонияҳо, A дар метрҳо ифода шавад, M масса дар кг мебарояд).

Агар имкони ба таври алоҳида аниқ кардани ҳолати ситораҳои ба системаи дукӯша даромада дар нисбати маркази масса ва чун натиҷа, дар сонияҳои камон алоҳида муайян кардани андозаҳои кунҷии нимтирҳои калони он бошад, таносуби массаҳои онҳоро бо ёрии ифодаи зерин аниқ кардан мумкин аст

$$\frac{M_{ac}}{m_p} = \frac{a_p}{a_{ac}},$$

Ин ҷо – M_{ac} ва m_p мувофиқан массаи ситораи асосӣ ва радифро; a_{ac} ва a_p бошад, нимтири калони мадорҳоро ифода мекунад.



Расми 97. Равшани ситораҳо ва вобастагии байни вазнҳо.

Чуноне ки тарзи ҳисоб кардани массаи ситораҳои дукӯшаро нишон доданд, массаи ситораҳо аз 0,1 массаи Офтоб то 100 массаи Офтоб шуда метавонад. Ситораҳои массаашон дар ҳудуди 10–50 M_{\odot} буда нисбатан кам вомехӯранд.

Гарчи имкони ҳисоб кардани массаи ситораҳои алоҳида мавҷуд нест, бо роҳи эмпирикӣ аниқ шудааст, ки дар байни гурӯҳи баъзе ситораҳои дар диаграммаи спектралӣ–равшанӣ ҷойгирифта байни равшанӣ ва массаи онҳо алоқамандӣ мавҷуд аст (расми 97). Дар асоси ин вобастагии байни равшанӣ ва масса, массаи аксари ситораҳои равшаниашон аниқшуда муайян гашта, бо роҳи эмпирикӣ вобаста-

гии байни равшании болометрикӣ L_6 (яъне энергияи нурафкании пурра) ва массаашон M_* ёфта шудааст. $L_6 = M_*^{3,9}$.

Чуноне аз ин ифода бармеояд, дар қисми болоии пайдарпайии асосӣ ситораҳои калонтарин ҷой гирифта, ба тарафи поён массаи онҳо ҳам кам шуда меравад.

Савол ва супоришҳо:

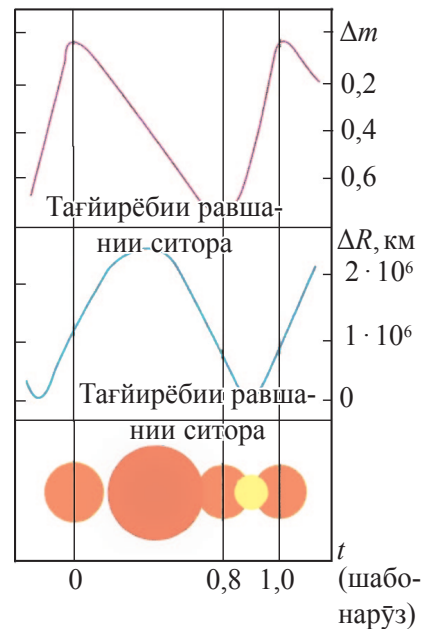
1. Кадом навъҳои ситораҳои физикии дукӯша мавҷуд аст?
2. Ситораҳои дукӯшаи визуалӣ гуфта кадом дукӯшаҳоро мегӯянд? Ситораҳои дукӯшаи гирифташаванда гуфта чӣ? Моилии равшании дукӯшаҳои гирифташаванда кадом хусусияти даврӣ дорад?
3. Дукӯшагии ситораҳои дукӯшаи спектралӣ чӣ хел аниқ мешавад?
4. Массаи ситораҳои дукӯша дар асоси кадом қонун ёфта мешавад?
5. Бо роҳи эмпирикӣ барои ситораҳои нисбатан кам кадом вобастагӣ байни равшанӣ ва масса муайян карда шудааст?
6. Массаи ситораҳо дар воҳиди массаи Офтоб дар кадом ҳудуд тағйир меёбад?

МАВЗЎИ 23. § 54. Ситораҳои тағйирёбандаи физикӣ: сефеидҳо, ситораҳои нав ва навтарин

Тағйирёбии равшани ситораҳои тағйирёбанда, дар тафрика аз дигаршавии даври равшани кӯшаситораҳои гирифташаванда (хусуфшаванда) ба туфайли чараёнҳои дохилии қаъри ин ситораҳо содир мешавад. Аз рӯи хислати тағйирёбандагиашон ин ситораҳо ба ситораҳои пулсатсияшаванда (заробонӣ) ва эруптивӣ (плазмафишон) чудо мешаванд.

Ситораҳои пулсатсияшаванда Сефеидҳо. Хатти қачи равшани сефеидҳо шакли алоҳида дошта, даври тағйирёбии қадри зоҳирии онҳо аз якчанд то даҳҳо шабонарӯз давом мекунад. Аз сабаби ба тағйирёбии ситораи δ -и та-рокуми ситораи Сефей монанд будани хатти қачи равшани ин ситораҳо ҳам онҳо *сефеид* ном бурда мешаванд (*расми 98*).

Тағйирёбии равшани сефеидҳо дар худуди 2–6 қадри ситораи аст. Ҳангоми максимуми афрӯзиш сефеидҳо дар намуди ситораҳои мансуби синфи спектри F буда, дами минимуми тобиш намуди ситораи мансуб ба синфҳои G-ро мегирад. Ин тавр дигаргун шудани равшанӣ ба ҳисоби миёна то 1500 дараҷа тағйирёбии ҳарорати ситора мос меояд. Рахҳои спектри сефеид мувофиқи фазаи тағйирёбии равшани он аз сурх то бунафшаранг лағзиш меёбад. Ин лағзишҳо низ хислати даври дошта, лағзиши максималии сурх ба минимуми равшани сефеид, максимуми лағзиши бунафшаранг бошад, ба максимуми равшанӣ рост меояд. Байни даврҳо ва равшани сефеидҳо вобастагӣ мавҷуд буда, зиёдшавии равшанӣ дар бисёр гаштани даврҳо акси худро меёбад. Аз ҳамин боис, масофаҳо то системаҳои ситораҳои пулсатсияшаванда, ки дорои сефеидҳо мебошад, бо таъя ба равшани ёфтшуда бар асоси даврҳои зоҳирии онҳо муайян карда мешавад.



Расми 98. Хатти қачи равшани сефеидҳо (ситораҳои навъи δ Сефей) (Δm) ва тағйирёбии радиуси онҳо (ΔR).

Аз сабаби ба гурӯҳи ситораҳои азим ва фавқулазими синфҳои F ва G дохил шудани сефеидҳо, онҳоро аз ҷисмҳои беруни Галактикаамон ҳам мушоҳида кардан мумкин аст.

Ситораҳои тағйирёбандаи эруптивӣ. Ситораҳои тағйирёбандаи эруптивӣ нисбатан тобиши сустанар дошта (асосан ситораҳои майда буда), дигаргуншавии онҳо дар намуди вақт-вақт афрӯзиши онҳо зоҳир мегардад. Ба сабаби аз плазмафишонӣ (эрупсия) афрӯзиши ин ситораҳо онҳо *ситораҳои тағйирёбандаи эруптивӣ* ном бурда шудаанд. Навъи одатии ситораҳои эруптивӣ ситораҳои нав ва навтарин мебошад.

Ситораҳои нав. Ситораҳои нав зинаи муайяни ситораҳои тағйирёбандаи эруптивиро дар худ акс намуда, хислати «нав» ба онҳо шартан дода шудааст. Ин навъ ситораҳо аслан аз аввал маълум буда, дар зинаи муайяни таҳаввулот ба туфайли афрӯзиш равшаниашон то 10–13 кадри ситораӣ баланд мешавад, ки онро бо чашми оддӣ низ дар осмон дидан мумкин мегардад. Дар максимуми афрӯзиш миқдори кадри мутлақи онҳо то 8,5 кадри ситораӣ расида, дар ин ҳолат ба ситораҳои фавқулазими мансуб ба синфи спектрии A – F хеле монанд мегарданд.

Омӯзиши бодикқати ин ситораҳо то ва баъди афрӯзиш ба ҳулосае меорад, ки онҳо ситораҳои дукӯшаанд. Афрӯзиш ба сабаби таъсири байниҳамдигарии ду ситораи ба ҳам наздик воқеъшуда содир мешавад. Якеи ин ситораҳо зичии кам дошта, дувуминаш бошад, резаситора бо зичии калон аст. Резаситораи сафед, ки зичӣ ва қувваи ҷозибаи калон дорад, бо таъсири худ моддаи ситораи фавқулазимро ба худаш мерезонад ва дар сатҳи резаситораи сафед он хеле тафсида дар ҳарорати маълум *таркиши термоядроии пурзӯр* содир мешавад. Энергияи пурраи нурафкании ситораҳои нав дар даври афрӯзиш 10^{38} – 10^{39} Ҷ-ро ташкил карда, ин миқдорро Офтоб дар якҷанд даҳ ҳазор сол дода метавонад. Дами дар ситора рӯй додани таркиш, аз сатҳи он массаи азими моддаи он (таҳминан 10^{-4} – $10^{-5} M_{\odot}$) бо суръати 1500–2000 км/с ҳаво дода мешавад. Оқибатан, дар атрофи ситораи нав гази паҳншаванда туманнокии азимеро ба вучуд меорад. Ҷуноне таҳлилҳо нишон доданд, воқеан ҳам дар атрофи ситораҳои нави нисбатан наздикбуда, тумани гази васеъшаванда мушоҳида мешавад. То ҳол ба фан қариб 300-то ситораи нав маълум буда, наздик ба 100-тои онҳо дар Галактикаи мо, наздик ба 150-тоаш дар туманнокии Андромеда ба қайд гирифта шудааст.

Ситораҳои навтарин ҳам ҷузъи ситораҳои тағйирёбандаи эруптивӣ буда, аз ҷумла ситораҳои дурахшанда, яъне бо тобишҳои фавқулода баланд мебошанд. Афрӯзиши онҳо аз ҳисоби таркиш рӯй медиҳад. Ба туфайли таркиш равшаноии ин ситораҳо дар давоми якчанд рӯз *даҳҳо миллион маротиба* меафзояд. Ҳангоми ба максимум расидани равшаноии ситора, он ба равшании Галактика ё равшании аз он ҳам чанд маротиба зиёдтар соҳиб мешавад. Дар максимуме равшаной қадри мутлақи ситора то ба – 18–19 қадри ситораӣ мерасад. Баъди 2–3 ҳафтаи таркиш ситораҳои навтарин ба максимуми тобиш соҳиб шуда, дар давоми якчанд моҳи баъдина тобиши он 25–30 маротиба поён меравад. Энергияи афканишоти ситораҳои навтарин дами афрӯзиши онҳо 10^{41} – 10^{42} Ҷоулро ташкил медиҳад.

Дар галактикаи муайян, дар давоми 100 сол фақат 1–2 афрӯзиши ситора рӯй медиҳаду бас. Дар Галактикаи мо низ ин ҳодисаи нодир якчанд бор мушоҳида шудааст. Дар байни онҳо афрӯзиши ситора дар бурҷи Савр, ки соли 1054 аз тарафи астрономҳои чинӣ мушоҳида шудааст, аз пурқувватаринҳо ҳисобида мешавад. Баъди таркиш дар давоми якчанд рӯз ин ситораро ҳатто рӯзона ҳам мушоҳида кардаанд. Ҳангоми афрӯзиш ин ситораҳо моддаи аз 0,1 то 1,0 ҳиссаи ба Офтоб баробари худро бо суръати 6000 км/с ба ҳолигии байниситораӣ ҳаво медиҳанд. Ҳарчанд аз ин таркиш қариб 1000 сол гузаштааст, аммо массаи гази ҳавододашуда то ҳол бо суръати 1000 км/с васеъшавиашро давом дода истодааст.

Массаи газе, ки ба атрофи ситораи дурахшида паҳн меёбад, туманнокии хеле азимеро ҳосил намудааст. Ин туманоти тираи бурҷи Савр бо номи туманоти Харчангшакл машҳур аст (*расми 99*). Таркиши ситораи навтарини дигар соли 1572 аз тарафи астрономи даниягӣ Тихо Браге дар бурҷи Кассиопея, соли 1604 бошад, таркиши дигар аз тарафи Кеплер ба мушоҳида гирифта шудааст.

Ба туфайли таркиши ситораҳои навтарин қисми боқимондаи маркази онҳо саҳт фишурда шуда, зичии ядрои он то ба 10^{14} г/см баробар мешавад. Дар ин



Расми 99. Туманоти Харчангшакл дар тарокуми ситораҳои Савр – боқимондаи ситораи навтарин аз соли 1054.

зичӣ атомҳо хислати атомиашонро гум карда, фақат аз қишри нейтронӣ ташаккул меёбанд ва ба ҳамин боис, боқимондаҳои ситораҳои навтарин *ситораҳои нейтронӣ* номида мешаванд. Ба тӯфайли таркиши ситораҳои навтарин қисми боқимондаи маркази онҳо аз ҳисоби импулси иловагии аз таркиш ҳосилшуда диаметраш то мондани якчанд километр ба дараҷаи ҳалокатовар саҳт фишурда шуда (он дар фан коллапс номида мешавад) ва ба объекти зичиаш аз ҳад калон мубаддал мешавад. Дар ин ҳол зичии он қариб то зичии ядрои атом (10^{14} г/см³) баробар мешавад. Дар ин зичӣ атомҳо хислати атомиашонро гум карда, фақат аз қишри нейтронӣ ташаккул меёбанд ва ба ҳамин боис, боқимондаҳои ситораҳои навтарин *ситораҳои нейтронӣ* номида мешаванд.

Савол ва супоришҳо:

1. Кадом ситораҳо ситораҳои тағйирёбандаи физикӣ номида мешаванд?
2. Сефеидҳо чӣ гуна ситораҳои пулсатсияшаванда ҳастанд?
3. Дар байни давр ва равшании сефеидҳо чӣ гуна вобастагӣ ҳаст?
4. Дар бораи механизми афрӯзиши ситораҳои нав чӣ ҳақиқат медонед?
5. Дар афрӯзиши ситораҳои навтарин массаҳои онҳо кадом нақш доранд?
6. Дар натиҷаи афрӯзиш ситораи навтарин ба кадом қисми осмонӣ мубаддал мешавад?

МАВЗӮИ 24. § 55. Таҳаввулоти ситораҳо. Ситораҳои нейтронӣ ва «фурубордҳои сиёҳ» *

Ба фикри аксарияти астрономҳо, ситораҳо (ҳатто галактикаҳо ҳам) дар натиҷаи афшурдашавии (конденсатсияшавии) абри массааш хеле калон ва даврзании он пайдо мешаванд. Фарз мекунем, ки абри чангу гази сард бо сабабҳои маълум фишурда мешавад. Абри газӣ, ки бо таъсири қувваҳои ҷозиба фишурда мешавад, ҳаракат мекунад, ки ба оҳистагӣ шакли кура гирад. Дар натиҷаи ин фишурдашавӣ зичӣ ва ҳарорати абр зиёд шуда, дар оянда он ба «протоситора» (ҳолати ибтидоии ташаккули ситора) мубаддал мешавад. Ба сабаби баланд шудани ҳарорати сатҳи он, он дар диапазони инфрасурх ба афканиш сар мекунад. Ҳангоме ки ҳарорат дар маркази протоситора ба тахминан 10^7 °C мерасад, дар он ҷо реаксияи синтези термоядрои сар мешавад. Ба сабаби аз ҳамин вақт сар карда қувваҳои дохилии фишори газ

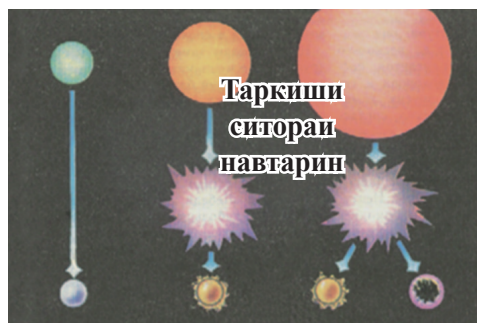
бо қувваи ҷозибай қисмҳои берунаи ситораҳо баробар шуданаш, ҷараёни фишурдавиши ситораҳо меистад. Массай ситора чӣ қадар калон бошад, ҳолати мувозинат дар он дар ҳамон қадар ҳарорати баланд рӯй медиҳад. Аз ҳамин боис равшани ситораҳои массаашон калон мувофиқан баланд мешавад.

Зинаи афшурдашавии ситораҳо ба ҳолати статсионарӣ, ки дар қисми марказиаш гидроген «аланга» мегирад, мубаддал мешавад. Айнан дар ҳамин ҳолатҳо ситораҳо дар «пайдарпайии асосӣ»-и диаграммаи спектрӣ-равшани ҷой мегиранд. Вақти дар пайдарпайии асосӣ будани ситораҳо ба массаи онҳо вобаста аст. Ситораҳои азимчуссаи ба микдори калон энергияи афканиширо паҳнкунанда даври таҳаввулоти худро тез гузашта, дар ҳолати статсионарӣ фақат якчанд миллион сол бошад, ситораҳои массааш ба Офтоб монанд на кам аз 10^{10} сол мешавад.

Баъди он ки тамоми гидрогени дар маркази ситораҳо буда ба гелий мубаддал мешавад, дар он ҷо ядроии аз гелий иборат пайдо мешавад. Акнун на дар қисми марказии ситора, балки дар сатҳи ба ядроии ситора часпида гидроген ба гелий мубаддал мешавад. Ин вақт дар дохили ядроии гелийдор манбаи энергия хомӯш шуда, он ба оҳистагӣ ба фишурдашавӣ сар мекунад ва аз ҳамин ҳисоб саҳт метафсад. Вақте ки ҳарорати он ба $15 \cdot 10^6$ °C мерасад, гелий ба карбон мубаддал мешавад. Дар натиҷа равшани ва андозаи он калон шуда, ситораи оддӣ ба оҳистагӣ ба ситораи азимчусса ё фавқулазим табдил меёбад. Медонем, ки ин навъ ситора дар диаграммаи «спектрӣ-равшани» мавқеи алоҳидаро соҳиб аст.

Бинобарин зинаи охирини ҳаёти ситораҳо чун тамоми таҳаввулоти он дар «дасти» массаҳо буда, ситораҳои монанди Офтоб (массаашон аз 1,2 массаи Офтоб кам набуда) ба оҳистагӣ васеъ шуда, оқибат ядроии ситораро тарк мекунад. Баъд ба ҷойи ситораи сурхи азимчуссаи даврзананда резаситораи сафеди тафсонии хурд мемонад.

Дунёи ситораҳо аз ин навъ резаситораҳои сафед бой аст. Аз ин ҷо бармеояд, ки аксарияти ситораҳо баъди ба резаситораи сафед мубаддал шудан,



Резаситораи сафед Ситораи нейтронӣ Фурубурди сиёҳи ситора

Расми 100. Таҳаввулоти ситораҳо аз рӯи массаҳо.

рафта-рафта хомӯш мешавад – «мемирад». Лекин аз қимати маълуми массаи ситора сар карда, фишори гази ядро ба қувваҳои гравитатсия бас омада на-тавониста, ба фишурдашавӣ сар мекунад, ба гуфтаи дигар, ҳодисаи коллапс (фишурдашавии ҳалокатовар) рӯй медиҳад.

Агар массаи ситора баробар то 2–3 массаи Офтоб бошад, он аз коллапс гурухта наметавонад. Дар натиҷаи ба ситораи нейтронӣ табдил ёфтани ин навъ ситора гази нейтрони ба вучуд омада ба қувваҳои гравитатсия бас омада метавонад ва фишурдашавии он меистад. Ин ҷо боз бояд таъкид на-муд, ки ба туфайли фишурдашавии боқии массаи ситора ситораи нейтронӣ бояд таркиши ядровиро (дар намуди ситораи навтарин) аз сар гузаронад. Ба туфайли ин навъ таркиш модда ба ҳолати нейтронҳо гузашта, тамоми энер-гияи мавҷудаи ядровии он аз он ҷудо мешавад (*ба расми 100 нигаред*).

Агар массаи ситора аз 2–3 массаи Офтоб калон бошад, фишори гази нейтронӣ низ ба қувваҳои гравитатсия бас наомада, ситора ба фишурдашавӣ давом мекунад.

Радиуси ситораи фишурдашаванда ба $\frac{2GM}{c^2}$ расад (ин ҷо c – суръати рӯшноӣ) барои он суръати параболӣ аз суръати рӯшноӣ зиёд мешавад. Дигар хел карда гӯем, акнун ҳеч из, ҳатто кванти афканиш ҳам ситораро тарк кар-да наметавонад, бинобарин ситора акнун наменамояд. Аз ҷиҳати назариявӣ «намуди» ситораи фарзиявӣ шуданаш мумкин, ки *фурубурди сиёҳ* номида мешавад.

Ин ном барои он дода шудааст, ки он ба чунон қувваи ҷозибасе соҳиб аст, ки ба беруни худ ягон намуди афканишро ҳам намебарорад.

Агар «фурубурди сиёҳ» яке аз ситораҳои дукӯша бошад, он хусусияти «ҷаббидани» беисти моддаи ситораи дар наздаш бударо дорад. Бо роҳи қайд кардани афканиш айнан дар ҳамин ҳудуд дар диапазони рентгенӣ ба вучуд омада доғи «фурубурди сиёҳ»-ро бо ёрии телескопҳои махсуси рентгенӣ ди-дан мумкин аст.

Савол ва супоришҳо:

1. Резаситораҳои сафед махсули таҳаввулоти ситораҳои кадом массадор аст?
2. Кадом ситораҳо дар охири таҳаввулоти худ ба ситораи нейтронӣ мубаддал мешаванд?
3. «Фурубурдҳои сиёҳ» дар охири таҳаввулоти худ ба ситораи кадом намуди радиусдор табдил меёбад?
4. «Фурубурдҳои сиёҳ» боқимондаи кадом намудҳои ситораҳо аст?

БОБИ VI. СОХТ ВА ТАҶАВВУЛОТИ КАЙҲОН

МАВЗЌИ 25. § 56. Сохт, таркиб ва даврзании Галактикаамон

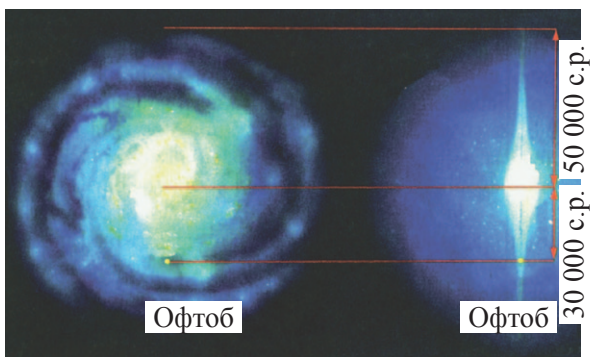
Шаби торик ба осмон назар кунем, назарамон ба тасмаи равшани дароз, ки тамоми рўи осмонро фаро гирифта аст ва аз хурдиамон калонсолон ба мо онро чун Роҳи Каҳкашон шинос намудаанд, меафтад.

Аз тариқи дурбини оддӣ ё телескопи хурдтар ҳам дидан мумкин аст, ки Роҳи Каҳкашон аз анбўҳҳои ситоравӣ иборат буда, баъзе қисмҳои қариб холист.

Аз сабаби он ки Офтоби мо ҳам (чун як ситораи оддӣ) аз ҷои ҳамин низоми бузурги ситоравӣ мебошад, онро Галактикаи мо ном мебарем. (*расми 101*). Дар фазо ҷойгиршавии қисми асосии ситораҳо ба шакли линзаи ҳаммида аст. Ба ин шакл диаметри Галактикаамон қариб ба 100 соли рӯшноӣ, ғафсиаш ба 7 ҳазор соли рӯшноӣ баробар аст. Низоми Офтоб дар қисми $\frac{2}{3}$ ҳиссаи маркази диаметри Галактика (33 ҳазор соли рӯшноӣ) ҷойгир шудааст (*расми 102*). Агар ба диаметри Галактикаамон аз болои он нигоҳ карда шавад, дар маркази Галактикаамон «остин»-ҳои ба шакли спирал паҳншаванда ва пружинаи раққосаки соатмонандро дидан мумкин аст. (*ба расми 103 нигаред*). Аз тарафи низоми Офтоб нигоҳ карда шавад, ядрои маркази Галактикаамон дар тарокуми ситоравии Қавс проексия мешавад.



Расми 101. Роҳи Каҳкашон, ки «тасма»-и Галактикаамон ҳисоб мешавад.



Расми 102. Намуди Галактикаамон аз боло ва паҳлӯ.



Расми 103. «Остин»-ҳои спиралии Галактикаамон (вақти аз боло нигоҳ кардан).

Ҳисобу китобҳо нишон доданд, ки дар Галактикаамон наздик ба 200 млрд. ситора ҳаст. Қисми асосии Галактикаамонро ситораҳо ташкил медиҳанд. Дар он ҳамчунин низомҳои гуногуни ситораӣ (туманот, анбӯҳи ситораҳо ва гурӯҳҳо), муҳити газу ҷангии байниситораӣ (абрҳо ва туманотҳо), нурҳои кайҳонӣ, газҳои атомҳои гидрогенӣ ва дигарҳо вомехӯранд. Мушоҳидаҳои махсус нишон доданд, ки тамоми ситораҳо, аз ҷумла Офтоб (дар якҷоягӣ бо аъзои «оила»-и худ) дар атрофи ядрои Галактикаамон давр мезананд. Ҳамвориҳои Роҳи

Қаҳқашон, Бо ҳамвориҳои экватори осмон кунҷи 62° ҳосил мекунад. Вобаста ба дуршавӣ аз ядрои Галактика суръати ситораҳо кам мешавад. Суръати Офтоб ва ситораҳои ба он наздик 240 км буда, даври пурраи чархзанӣ тахминан ба 200 млн. сол баробар аст.

§ 57. Маҷмӯи ситораҳои манзума ва мансура **

Дар Галактикаамон ситораҳо нафақат дар ҳолати якка, балки дар ҳоли алоқаманд дукӯша, сетой, чортой ва ниҳоят сершумор, яъне анбӯҳи садҳову ҳазорҳо ситора ҳам вомехӯранд. Низоми аз даҳҳо то ҳазорҳо ситораҳоро фарогиранда, ки дар он ситораҳо таҳти ҷозибай якдигар мебошанд, *маҷмӯъ ё тарокуми ситора* номида мешавад.

Аз рӯйи шакли зоҳирӣ тарокумҳои ситораҳо ба ду гурӯҳ – *мансура* (пароканда) ва *манзума* (курашакл) мешаванд.

Галаситораҳои мансура (пароканда) – тӯдаи ситораҳое, ки аз мо дар фосилаи яқсон қарор гирифта, дар байни якдигар робитаи динамикӣ доранд ва ба тарзи нобаробар ҷойгир шудаанд, галаситораҳои мансура ном доранд.

Дар Галактикаамон наздик ба 800-то тарокуми мансура мавҷуд буда, диаметри онҳо аз 1,5 то 20 парсек аст. Аз тарокумҳои мансура маҷмӯи дар тарокуми *ситорагии Савр воқеъбудаи Парвин* хуб омӯхта шуда, масофаи он то



Расми 104. Тарокуми мансураи ситораҳои Парвин.



Расми 105. Тарокуми манзумаи М-13, ки наздик ба 20000 ситораро дарбар гирифтааст.

низоми Офтоб тақрибан 130 парсек мебошад (расми 104). Тарокуми дигари мансураи Хида аз мо дар масофаи 40 пк меҳобад.

Тарокуми ситораҳои манзума. Бо сершумории ситораҳо ва шакли аниқи куравӣ тарокумҳои манзума дар партави ситораҳои осмон фарқ карда меистад. Ин навъ тарокум аз рӯйи намуди берунааш *курашакл* номида мешавад. Тарокуми ситораҳои манзума аз тарокуми ситораҳои мансура бо таркиби кимёвӣ фарқ мекунад. Хусусан, дар спектри тарокуми ситораи мансура миқдори элементҳои вазнин 1–4% ташкил кунад, дар ситораҳои манзума 0,1–0,01% ташкил мекунад. Ин далел ба он аст, ки дар галактикаи муайян барои пайдошавии тарокумҳои мансура ва манзума шароитҳои гуногун мавҷуданд.

Тарокуми ситораҳои манзума аз рӯйи бисёрии миқдорашон ва шакли аниқи куравиашон, дар нисбати тарокуми ситораҳои мансура дар партави ситораҳо аниқ таҷаллӣ мекунад. Диаметри миёнаи тарокумҳои манзума дар атрофи 40 парсек буда, дар галактикаамон аз ин тарокумҳо тахминан 100 то ёфта шудааст. Тарокумҳои манзума аз мансура фарқ карда, консентрасияи он ба тарафи маркази Галактикаамон ба таври шадид зиёд шуда меравад. Тарокуми манзумаи М-13, ки дар *бурчи Геркулес* воқеъ аст, қариб 20 000 ситораро дарбар гирифта, аз мо дар масофаи 24 ҳазор соли рӯшноӣ хобидааст, яке аз вақилҳои ҳамин тарокумхост (расми 105).

МАВЗЎИ 26. § 58. Туманоти диффузӣ ва чангӣ

Чуноне аз муоинаи аксҳои осмони ситоразор бармеояд, ситораҳо дар фазо ба як рабт, ҳамвор тақсим нашудаанд. Сабаб ин аст, ки дар баъзе худудҳои камситора *материали чангии* афканиши ситораҳоро фурӯбаранда мавҷуд мебошад. Астрономи машҳур В.Я. Струве зиёда аз 100 сол қабл аз ин дар фазои байниситораӣ мавҷуд будани моддаи фурӯбарандаи рӯшноиро пешгӯӣ карда буд.

Ба мавҷудияти ин навъ муҳитҳои чангии фурӯбарандаи рӯшноӣ туманоти «Аспсар»-и бурчи Орион ва «Халтаи Ангишт»-и бурчи Хочи Қанубӣ мисол шуда метавонанд (*расми 106*).

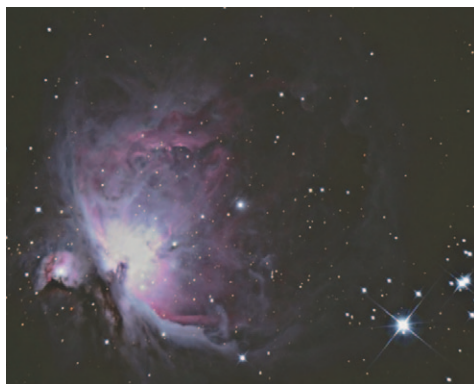
Туманоти хираи Халтаи Ангишт аз мо дар масофаи 150 пк, дар Роҳи Қаҳқашон воқеъ буда, андозаи кунҷии он 3° , бузургиаш 8 парсекро ташкил медиҳад. Мушоҳидаи телескопӣ нишон медиҳад, ки миқдори ситораҳои хираи дар он дидашаванда аз миқдори ситораҳои дар майдони беруни он буда тахминан 3 маротиба камтар аст. Аз ин ҷо чунин хулосае бармеояд, ки Халтаи Ангишт афканиши ситораҳои дар паси он воқеъбударо фурӯ бурда, миқдори онҳоро тақрибан 3 маротиба камтар нишон медиҳад. Ин фурӯбарӣ қадри зоҳирии ситораҳоро ба бузургии $\Delta m = 1,2^m$ тағйир (хира) медиҳад. Дар Галактика ин навъ туманот сершумор буда, хусусан аз бурчи Дачоча сар шуда, ин тасмаи чангӣ то бурҷҳои Мор, Қавс тӯл мекашад ва ситораҳои ин



Расми 106. Туманоти чангии машҳури «Аспсар».

қисми Роҳи Қаҳқашонро панаҳ карда, дар он шоҳаи азими тираеро ба вучуд овардааст. Алалхусус, дар самти маркази Галактика (тарафи бурчи Қавс) туманоти тира хеле ғафс буда, ба мо дидани он қисми асосии Галактикаамонро душвор месозад.

Туманоти газмонанд (диффузӣ). Туманоти гази машҳуртарин, ки онро метавон бо чашми оддӣ бидид, дар бурчи Орион (*туманоти Орион*) воқеъ буда, бараш ба 6 парсек мерасад (*расми 107*). Ҷамчунин, дар бурчи Қавс туманоти гази Лагуна, Омега, дар бурчи Дачоча ту-



Расми 107. Туманоти азими Орион, ки дар бурчи Орион ҷой гирифтааст.



Расми 108. Туманоти гази «Розетка» дар бурчи Яккашоҳ.

маноти Амрикои Шимолӣ ва Пеликан, дар бурчи Яккашоҳ туманоти Розетка мавҷуданд. Миқдори умумии ин объектҳо ба 400-то наздик аст. Спектри ин туманотҳо аз рахҳои гидрогени H_α , H_β ва дуионӣ шудаи (OIII) оксиген, нитроген ва элементҳои эмиссионӣ иборат буда, спектри ягонааш дар партави хира зоҳир мешавад. Аксаран дар дохили туманотҳо ё атрофи онҳо ситораҳои тафсон мансуб ба синфи O ё B вомерӯрад. Ин навъ ситораҳо манбаи *пурқуввати нурафканиши ултрабунафши* буда, аз тарафи атомҳои гази туманоти наздики онҳо воқеъбуда фуру бурда мешаванд.

Дар гази ионишуда ҳодисаи рекомбинатсия, яъне бо атом ҳамроҳшавии электронҳои озод мушоҳида шуда, дар якчанд кванти энергияи камдошта нур меафканад. Дигархелтар карда гӯем, ҳодисаи флуоресценсия рӯй медиҳад.

Ҳарорати баробари 10^4 °C, ки ба туфайли ин ҷараён дар туманот қарор меёбад, ба воситаи радиоафканиши ин туманот тасдиқ мешавад.

Савол ва супоришҳо:

1. Ҳамвории Роҳи Қаққашони Галактикаамон дар нисбати ҳамвории экватори осмон дар зери кадом кунҷ хобидааст?
2. Дар Галактикаамон тахминан чандто тарокуми ситораҳои манзума ёфта шудааст?

3. Системаи офтобӣ дар кадом ҷойи Галактикаамон ҷой гирифтааст?
4. Дар бораи андоза ва таркиби тарокуми ситораҳои манзума чиҳо медонед?
5. Тарокуми ситораҳои мансура аз манзума бо чиҳо фарқ мекунад?
6. Туманоти гази диффузӣ аз чангӣ бо чӣ фарқ мекунад?
7. Сабаби нурафкании туманоти диффузӣ дар чист?

МАВЗӮИ 27. §59. Галактикаҳои беруна. Синф ва спектрҳои Галактикаамон

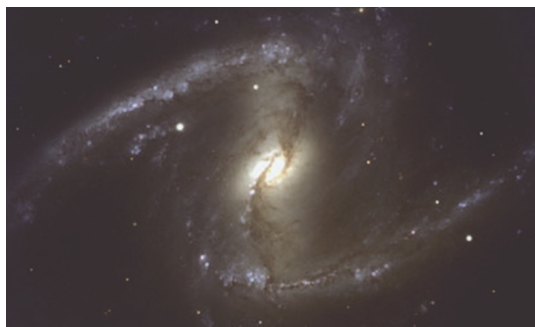
Баъд аз он, ки дар солҳои 20-уми асри гузашта имкони чен намудани масофа то туманотҳо пайдо шуд, аниқ гардид, ки аксарияти онҳо туманоти оддӣ набуда, балки галактикаҳои берунаанд, ки аз миллионҳо ситора иборат ёфтаанд.

Яке аз галактикаҳои бузурги дигар – Андромеда (Мусалсала) дар бурҷи ситорагии Андромеда тарҳрезӣ мешавад ва ба номи он *галактикаи Андромеда* (баъзан *туманнокии Андромеда*) ном бурда мешавад (*расми 109*). Масофа то ба галактикаи Андромеда ба 2 миллион соли рӯшноӣ баробар аст. Дар мавзӯҳои кӯҳӣ, шабона дар осмони соф онро бо ҷашми оддӣ дидан мумкин аст. Дар Қайҳон галактикаҳо васеъ паҳн шуда, галактикаи дигари ба мо ҳамсоя бо номи М-51 машҳур мебошад. То ба он масофа баробари 1,8 миллион соли рӯшноӣ аст. Галактикаҳои ба мо ҳамсоя, ки дар нимкураи ҷанубии осмон ҷой гирифтаанд, Абрҳои Хурди Магеллан ва Абри Калони Магеллан ном гирифтаанд. Аз рӯйи андозаҳои галактикаҳои дигар бузургии гуногун дошта, калонтаринашон миллиардҳо, хурдҳояшон то якчанд миллион ситораҳо дарбар мегирад. Андозаҳои галактикаҳои азим то 50 ҳазор парсек (яъне диаметраш то 150 ҳазор соли рӯшноӣ), галактикаҳои хурд то якчанд 100 парсек мерасад. Нахустин бор соли 1925 астроном Е. Ҳаббл тақлиф намуд, ки аз рӯйи шакли зоҳирӣ галактикаҳо ба 3 гурӯҳи зерин тақсим шаванд: эллиптикӣ (E), спиралӣ (S) ва номунтазам (Ir).

Галактикаҳои эллиптикӣ галактикаҳоеанд, ки шакли зоҳирашон ба эллипс ё доира монанд аст. Яке аз хислатҳои хоси ин галактикаҳо дар он аст, ки равшаниҳои онҳо аз марказ то ба канораш якхел паст шуда меравад. Дар дохили онҳо ягон сохти ҷузъии алоҳида мушоҳида намешавад.



Расми 109. Туманоти Андромеда, ки дар тарокуми ситоравии Андромеда ҷойгир шудааст (M-31).



Расми 110. Галактикаи спиралӣ, ки остинҳояш аз пули марказӣ кушода мешаванд.

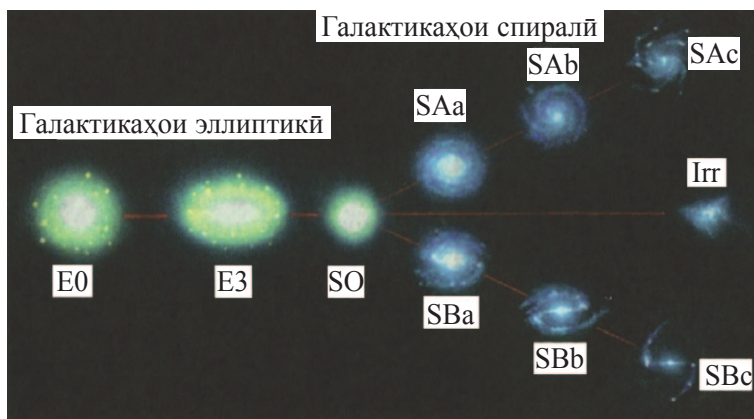
Галактикаҳои спиралӣ хеле васеъ паҳн шуда, қариб нисфи галактикаҳои мушоҳидашуда ба ҳамин гурӯҳ дохил мешаванд. Дар тафриқа аз галактикаҳои дигар, сохтори онҳо аз *тасмаҳои спиралӣ* аниқ иборат мешавад. Галактикаи мо ва галактикаи Андромеда айнан аз ҳамин навъанд. Галактикаҳои спиралӣ ҳам ба ду гуруҳ тақсим мешаванд. Якеи онҳо, галактикаҳои ҳамсони Галактикаи мо S (ё ки SA) ишорат шуда, сохти спиралӣ аз массаи марказӣ – ядро сар мешавад. Дар гурӯҳи дуҷуми SB ишоратшуда бошад, шохаҳои спиралӣ аз нӯгҳои сохтори кӯпрुकмонанди қад-қад тамоми диаметр ва ба ҷойи ядро воқеъшуда оғоз мешавад (*расми 110*).

Галактикаҳои, ки аз рӯйи сохташон байни галактикаҳои спиралӣ ва эллипсӣ ҷой гирифтаанд, навъи галактикаҳои линзашаклро (SO) ташкил медиҳанд.

Дар *галактикаҳои номунтазам* будану набудани ядро аниқ нест. Ҳамчунин, онҳо дорои сохтори даврии симметриявӣ нестанд. Чун мисоли ин галактикаҳо метавон *Абри Хурди Магеллан* (АХМ) ва *Абри Калони Магелланро* (АКМ) овард (онҳо дар атрофи Роҳи Қаҳқашон мушоҳида мешаванд).

Намуди зохирии галактикаҳо ба синни онҳо вобаста буда, ба марҳилаи муайяни таҳаввулоту галактикаҳо мос аст (*расми 111*).

Спектри галактикаҳо. Спектри туманотҳои берунаи Галактикаамон ба спектри ситораҳо монанд буда, аз рахҳои фурубарӣ иборат мешаванд. Таркиби онҳо аз спектри ситораҳои синфи А, F ва G бо рахҳои эмиссионӣ, ки спектри фақат баъзе туманотҳои газӣ дучор мешаванд, фарқ мекунанд.



Расми III. Таҳаввулоти галактикаҳо.

Аз инҷо маълум мешавад, ки туманнокиҳои мушоҳидашуда аз низомҳои ситораӣ ва моддаи диффузӣ иборатанд.

Спектри галактикаҳои номунтазам ба синфҳои спектрии А ва F, галактикаҳои спиралӣ ба синфҳои F ва G ва ниҳоят, спектри галактикаҳои эллиптикӣ ба спектри ситораҳои синфи спектрии G ва K монанданд.

Ин ҳолат аз он далолат медиҳад, ки дар галактикаҳои спиралӣ ва номунтазам ситораҳои ҷавон ва тафсони синфи спектрии ибтидоӣ бисёранд, галактикаҳои эллиптикӣ бошанд, аз ситораҳои нисбатан «пиртар» ва мансуби синфҳои спектрии баъдина бой аст. Аз рӯи ранги галактикаҳо низ дар бораи синфҳои спектрии ситораҳои сершумори онҳо хулоса баровардан имконпазир аст. Бузургиҳои ранги ин галактикаҳо ҳам бо услуби аниққунии андозаҳои рангии ситораҳо муайян карда мешавад.

Барои муайян кардани масофаҳо то галактикаҳо (r) пеш аз ҳама равшаниҳои онҳо дар асоси муносибатҳои даврӣ–равшаниҳои сефеидҳо дар таркиби онҳо ёфта мешавад, баъд дар асоси кадри зоҳирии ситораҳои онҳо масофа то он (то галактика ҳам) тавассути модули он $m-M$ бо ёрии ифодаи зерин ба даст меояд:

$$\lg r = 0,2(m - M) + 1.$$

Ҳамчунин, агар имкони ёфтани бузургии лағзиши сурхи галактикаи берунӣ $\Delta\lambda$ бошад, бо ёрии H – доимии Ҳаббл ($70 \text{ км/с} \cdot \text{Мпк}$) ва бо ёрии суръати рӯшноӣ c аз ифодаи

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot c = H \cdot r$$

масофа осон ёфта мешавад, ин чо $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = z$ аст.

§ 60. Радиогалактикаҳо ва квазарҳо *

Радиогалактикаҳо. Радиоафканишот дар ин ё он дараҷа хусусияти хоси қариб тамоми галактикаҳост. Дар аксарияти онҳо радиоафканишот фақат як қисми ночизи қуввати нурафканиро ташкил медиҳад. Аммо чунин галактикаҳое ҳам ҳастанд, ки радиоафканишоти онҳо аз қуввати оптикии афканишот баланд буда, аз они баъзеашон бошад, ҳазорҳо, миллионҳо маротиба бештар аст. Ин навъ галактикаҳо *радиогалактика* номида мешаванд. Яке аз ҳамин гуна радиогалактикаҳои ба мо наздики пуриктидор «Дачоча А» номида мешавад. Аз рӯйи лағзиши сурхи спектри он ($z=0,057$) аниқ гардидааст, ки масофа то он тахминан 200 Мпк аст. Он аз ду компонентаи равшани радиоафканишоти дар масофаи 80 кпк аз якдигар хобида иборат аст. Радиогалактикаи «Кентавр», ки яке аз дуртаринҳо маҳсуб мешавад, аз Галактикаи мо дар масофаи 4 Мпк меҳобад. Афканиши онҳо сард буда, ин ҳолат ба сабаби дар майдонҳои магнитӣ якбора ист қардани электронҳои релятивистӣ (бо суръати наздик ба суръати рӯшноӣ ҳаракаткунанда) рӯй медиҳад.

Квазарҳо. Яке аз объектҳои дигари ситорамонанд, ки дар радиоманбаъ афканиши пуриктидореро соҳибанд, аммо андозаи кунҷашон 1" ва аз он хурд буда, берун аз Галактикаамон – *хеле дур* чойгир шудаанд, квазарҳо мебошанд. Соли 1963 аввалин радиочисми 13 қадри ситоравӣ доштаи ба мо наздиктарин (~630 млн. Мпк) дар бурҷи Сунбула ёфт шуда, дар феҳристи Кембриҷ таҳти номи 3С273 қайд гардид. Қуввати афканишоти он дар тамоми диапазонҳо ба 10^{46} – 10^{47} эрг/с баробар аст.

Муддати мадиде таҳлили спектри ин ҷисмҳо масъалаи мушкил ҳисобида мешуд. Ниҳоят баъди аниқ гаштани ба кадом элемент мансуб будани рахҳои спектрашон, бузургии лағзиши сурхи онҳо муайян гардид. Баъд аз рӯйи қонуни Ҳаббл масофа ва тобиши онҳо аниқ қарда шуд. Дар натиҷа маълум гашт, ки ин радиоманбаъҳо ба Галактикаи мо алоқае надошта, дар масофаи миллиардҳо соли рӯшноӣ бо иктидори зиёд нурафканӣ мекунанд. То ҳозир

якчанд сад квазар кашф шуда, масофа то аксарияти онҳо аз 10 миллиард соли рӯшноӣ ҳам зиёдтар аст.

Иқтидори афканишоти квазарҳо ба дараҷаи хайратовар баланд буда, равшаниашон 10^{39} – 10^{40} Вт-ро ташкил медиҳад. Яъне равшании квазарҳо аз тобиши галактикаҳои пурқувваттарин садҳо миллиард ситорадошта ҳам 100, 1000 маротиба равшантар аст. Айнан ҳамин ҳислат квазарҳоро яке аз чирмҳои пурасрори қайҳон месозад. Бо тақсимшавии энергияи спектрашон, андозаи хурди кунҷӣ ва дар баъзе ҳолатҳо бо тағйирёбандагии радиоафканишоти оптикӣ квазарҳо ба ядроии фаъоли галактика монанд мешаванд. Аз рӯйи шиддати рахҳои эмиссионӣ дар спектри квазарҳо ва васеъгии онҳо (суръаташ то 3000 км/с) ба ядроии галактикаҳои Сейферт ҳам монанд мешаванд. Аз ҳамин боис олимони чунин тахмин доранд, ки квазарҳо шояд як зинаи он қадар зиёд давом накунанд таҳаввулот бошанд. Ҳамчунин онҳо квазарҳоро чун абри азими газ, ки фишурдашавии гравитатсиониро аз саргузаронида, аз ҳамин сабаб бо энергияи ба массаи миллиардҳо Офтоб баробар афканишкунанда мебошад, тасаввур мекунанд.

Савол ва супоришҳо:

1. Кадом галактикаҳои берун аввалин шуда кашф шудааст?
2. Масофаҳо то галактикаҳои беруна чӣ тавр чен карда мешаванд?
3. Кадом синфҳои галактикаҳои беруниро медонед?
4. Оё спектри галактикаҳо ба синфи онҳо вобаста аст?
5. Кадом галактикаҳоро радиогалактика мегӯянд?
6. Квазарҳо объектҳои дар кадом диапазон бо энергияи калон афканишкунандаанд?

МАВЗҶИ 28. § 61. Васеъшавии Қайҳон. Қонуни Хаббл *

Агар аз Замин истода ба осмон нигоҳ кунем, дар галактикаҳои тамоми тарафҳои он лағзиши сурхро мушоҳида хоҳем кард ва набояд ба ҳулосае омад, ки галактикаҳои мо дар маркази осмон ҷой гирифтааст. Мушоҳидаи фазаӣ аз Галактикаҳои дилхоҳ ба осмон нигоҳ карда, галактикаҳои берунаро дида, дар онҳо лағзиши сурхро мушоҳида карданаш мумкин аст.

Агар фарз кунем, ки дар қадим ҳам суръати васеъшавии галактикаҳо чун ҳозира буда бошад, душвор нест, ки ҳисоби китоби кадом вақт оғоз шуда-

ни васеъшавии онҳо бароварда шавад. Айнан дар натиҷаи ҳамин ҳисобу китобҳо олимони ба хулоса омадаанд, ки васеъшавӣ дар Кайҳон 15–20 млрд сол муқаддам оғоз шудааст. Ачибаш ин аст, ки солҳои 1922–1924 асри гузашта олими шинохтаи рус А.А. Фридман дар асоси назарияи нисбияти умумии Эйнштейн аниқ кард, ки модели Кайҳон статсионар (собит) набуда, ба васеъшавӣ ё фишурдашавӣ моил аст. Даре нагузашта оид ба васеъшавии Кайҳон далелҳо пайдо шуданд. Ин чараёнро дуруст талқин намуда, аз аҳамияти калони он огоҳ мешавем. Кашф шудани чараёни табиӣ ва ҳақиқии васеъшавии Кайҳон, ки аз тасаввуроти идеалистӣ ва теологӣ ҳолӣ буда, ба назарияи илмӣ-материалистӣ асос шуда метавонист, натиҷаи дар қадим рӯй додани «таркиши ҷӯшон» будани онро исбот намуд.

Саволе ба миён меояд, ки оё асоси дар мисоли таҷриба исбот шудани гипотезаи «Таркиши ҷӯшон» ҳаст? Гап дар сари он аст, ки соли 1965 кашфиёти азиме дар ин соҳа карда шуд. Маълум аст, ки фазои кайҳон дар қадим, яъне давре ки на ситораҳо, на галактика ва на туманот буданд, аз «сафирҳо»-и даври ташаккул, яъне мавҷҳои электромагнитӣ бой буданд. Ин мавҷҳо ибтидоӣ ё *афканишоти реликтивӣ (боқимонда)* номида мешаванд. Дар ин васеъшавӣ иштирок кардани нафақат системаи галактикаҳо, балки афканишоти реликтивӣ ҳам сир нест. Оқибат, астрономҳои амрикоӣ, ки аз пайи ин афканишоти реликтивӣ афтада буданд, онро ба тезӣ муайян карданд.

Ачибаш ин аст, ки гарчи муайян карда шудани ин афканишот фавқулода содир шуда буд, мавҷудияти афканишоти боқимонда аз тарафи олимони астрофизикӣ аз ҷиҳати назарӣ пештар аниқ карда шуда буд. Башорат дар бораи мавҷудияти ин гуна афканишот ва пайдо карда шудани он дар фазои кайҳонӣ буд, ки имрӯз чун далели бозътимоди омӯзиши дунё ва қонуниятҳои он намоён шуд. Материяи дар чараёни васеъшавии Метагалактика (қисми намоёни Кайҳон) мушоҳидашаванда, нишон медиҳад, ки тамоми намудҳои тағйирёбии сифатӣ беҳилоф ба қонунҳои бақо сурат мегирад ва барои фаҳмонидани он ҳоҷат ба ягон қувваи ғайритабиӣ намоёнад. Кашф шудани таҳаввулоти Метагалактика дастоварди бузурги фаъолияти ақлии инсон ҳисобида мешавад. Ин дастовард нишон дод, ки ақлу заковати инсон дохили Кайҳон ва гузаштаи қадими онро шинохта, афсонаи маҳдуд будани дониши инсонро дар бораи атрофу олам пуч кард. Тасаввуротҳои муосир дар бораи

Кайҳон фақат ба фанҳои табиӣ таъя накарда, ба мушоҳидаҳои мантиқ ва фалсафии таҳаваллуоти он ҳам асос ёфтааст.

Логарифми вобастагии хаттии байни «лағзиши сурх»-и бо роҳи эмпирикӣ ёфташуда ва қадри зоҳирии ситораҳои галактикаҳо, яъне муносибати

байни m ва $\lg v_r = \lg \left(c \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \right)$ аст, мавҷудияти вобастагии масофаҳо ва дурша-

вии $v_r = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = Hr$ v_r -ро мефаҳмонад, ин ҷо: v_r – суръати нурӣ; c – суръати рӯшноӣ; $\Delta\lambda$ – лағзиши сурх; H – доимии Ҳаббл; r – масофа то галактикаҳои беруна аст.

Савол ва супоришҳо:

1. Метагалактика гуфта кадом қисми Кайҳонро тасаввур мекунад?
2. Дар Кайҳон чиро «лағзиши сурх» мегӯянд?
3. Фикрҳои А.Фридман ва А.Эйнштейн дар бораи Кайҳон чӣ гунаанд?
4. Афканишоти реликтивӣ гуфта чиро мефаҳмед? Он ба кадом модели Кайҳон асос шудааст?
5. Қонуни Ҳаббл кадом вобастагии байни андозаҳои ба васеъшавии Кайҳон дахлдорро инъикос мекунад?

МАВЗЌИ 29. § 62. Тақсимшавии галактикаҳо дар Кайҳон **

Омӯзиши тақсимшавии галактикаҳо дар фазо ҳам ба тарзи омӯзиши ситораҳо дар галактикаҳо буда, миқдори галактикаҳо N_m дар мавзеи муайяни осмон (аксаран дар 1 квадрат) гуфта, қадри ситорагии ҳамин мавзеъ m ва миқдори галактикаҳои қадри аз онҳо пасттардошта фаҳмида мешавад. Ин муаммо бори аввал соли 1934 аз тарафи Е. Ҳаббл ба воситаи таҳлили расмҳои ҷисмҳои қадри ситорагивашон то 20^m -будаи мавзеи 1283, ки аз рефлектори 2,5 метрӣ гирифта шудааст, ҳал гардид. Бо ҳамин роҳ Ҳаббл аниқ кард, ки ба майдони 1 квадратӣ 131 галактикаи 20^m равшанидошта рост меояд. Миқдори галактикаҳои ба тамоми кураи осмон (он ҷамъ 41253 квадратро ташкил мекунад) рост меомада бошад, ба $5,4 \cdot 10^6$ баробар аст. Тавассути телескопи бузургтарини олам метавон ҷисмҳои то 24 қадри ситорагивидоштаро (аз ҷумла, галактикаҳоро ҳам) мушоҳида намуд, пас дар тамоми кура 1,4 миллиард галактикаро дидан мумкин аст (*расми 112*).

Маълум шуд, ки Галактикаи мо, Андромеда (М-31), галактикаи бурчи Секунча (М-33), Абри Хурди Магеллан ва Абри Калони Магеллан ва боз як қатор бурҷҳои ситоравӣ дар якҷоягӣ (ҷамъ қариб 35-то галактика) *анбӯҳи маҳаллии галактикаҳоро* ташкил медиҳанд.

Ҳоло ба илм қариб 4000 галактикаи ба ҳамин навъ мансуб маълум буда, диаметри миёнаи ин анбӯҳҳо 8 Мпк аст. Яке аз анбӯҳҳои галактика дар бурчи Мӯйҳои Вероника воқеъ шуда, қариб 40 000 галактикаро дарбар мегирад. Он аз мо дар масофаи 70 Мпк ҷой гирифта, диаметраш ба 12° тӯл мекашад. Анбӯҳи галактикие, ки ба анбӯҳи маҳаллии мо наздик аст, дар масофаи 12 Мпк ҷой гирифта, дар бурчи Сунбула тарҳрезӣ мешавад. Дар дохили он ҳафт галактикаи азим (яке аз онҳо радиогалактикаи Сунбула А аст) ва даҳто галактикаи спиралӣ мушоҳида мешавад. Ин навъ галактикаҳои азим якҷанд анбӯҳи галактикаҳои маҳаллиро (ҳамчунин анбӯҳи маҳаллии моро ҳам) дарбар гирифта ва вобастагии байниҳамдигарии динамикиро дошта, *Фавкулгалактика* номида мешавад. Диаметри ин Фавкулгалактика ба 40 Мпк баробар аст. То имрӯз олимони бо ёрии телескопҳои пулқудрат қариб 50-то ҳамин навъ фавкулгалактикаро ба рӯйхат гирифтаанд, ки ҳар яке он даҳҳо анбӯҳи галактикаҳои маҳаллиро дарбар гирифтааст. Қисми намоёни Кайҳон, ки аз фавкулгалактикаҳо иборат ёфтааст, *Метагалактика* ном бурда мешавад.



Расми 112. Се галактикаи берунаи на он қадар бузурги назоратшудаи осмон (якҷанд градуси кв.).

Савол ва супоришҳо:

1. Дар бораи галактикаи мо чӣҳо медонед?
2. Галактикаи маҳаллӣ, ки галактикаи моро дарбар гирифтааст, боз кадом галактикаҳоро ба таркиби худ гирифтааст?
3. Фавкулгалактикаҳо кадом сохтори галактикаҳост?
4. Метагалактика гуфта кадом қисми Кайҳон фаҳмида мешавад?

ҚИСМИ II

ЭЛЕМЕНТҲОИ КАЙҲОННАВАРДӢ **

МАВЗӢИ 29. § 63. Предмети кайҳоннавардӣ ва алоқаи он бо фанҳои дигар

Калимаи «Космонавтика» аз калимаи юнонии «kosmos» ва «nautika» гирифта шуда, ба таври мувофиқ «кайҳон» ва «дар баҳр шино кардан»-ро мефаҳмонад. Ба предмети кайҳоннавардӣ омӯзиши ҳаракат дар фазои кайҳон, офаридани ракетаҳои киштии кайҳонии экипаждор ва автоматикиро ба кайҳон бароранда ва идорашаванда медарояд. АК (аппарати кайҳонӣ) нафақат воситаи ҳаракат дар фазо, балки воситаи мутлақо нави тадқиқ кардани кайҳон мебошад.

Алоқамандии кайҳоннавардӣ бо тамоми фанҳои табиӣ (астрономия, физика, биология ва математика). Ҳисобу китоби вақти аниқро барои то объекти кайҳон рафта расидани аппарати кайҳонӣ олимон, ходимони техникӣ дар таъба донишҳои физикӣ ва астрономӣ ба амал мебароранд. Дар бораи масофаҳо то чирмҳои осмонӣ, андозаҳои он, масса ва параметрҳои дигари онҳо астрономҳо аллақай донишҳои зиёде ҷамъ овардаанд. Ин маълумотҳо барои парвоз кардан ба кайҳон зарур мешаванд.

Зичии атмосфераи Замин, ҳарорати он, магнитосфера, пояҳои радиатсиониро надониста, ягон кайҳоннавард ба атрофи Замин фиристода нашудааст, ҳамчунин, табиати Моҳро надониста, ба он қадам мондан ғайриимкон мебуд.

Ба вучуд омадани кайҳоннавардӣ ба равнақи фанни астрономия ҳиссаи калон мегузорад. Аппаратҳои кайҳонӣ имконияти аз борти стансияҳо омӯхтани объектҳои фазовиро дар нурҳои оптикӣ ва нонамоён (ултрабунафш, инфрасурх, рентген ва радионурҳо) дода, дар даҳсолаҳои охир донишҳои моро дар бораи объектҳои Кайҳон ва системаҳои он ба дараҷаи бемисл ғанӣ гардонид.

Дар қор қарда баромадани конструкцияҳои аппаратҳои ба Кайҳон парронидашаванда, идораи ҳаракати онҳо олимон ва муҳандисон-ҳодимони техникӣ ба қонунҳои физикӣ таъба мекунанд. Барои сохтани муҳаррики пуриктидори ракетаҳо ва қонеъ кардани эҳтиёҷи техникии ракетавӣ бояд

тадқиқотҳои зиёди фундаменталии дар робита бо масъалаҳои сохтории он, зинаҳо ва интиҳоби маҳсулоти сӯзишворӣ гузаронида шавад.

Дар кайҳоннавардӣ барои ба фазо парронидани ракетаҳо ба *допишҳои кимёвӣ* ҳам така мекунад. Хусусан техникаи кайҳонӣ, сохтори ракета ба хислатҳои пухта будани маводи дар он истифодашаванда, таркиби маҳсулоти сӯзишворӣ талаби баланд мегузорад. Эҳтиёҷи кайҳоннавардӣ ба маводи ба гармӣ тобовар, хӯрданашаванда ва аз ҷиҳати хоссаҳои дигар ба нишондиҳандаи баланд соҳиб буда, ҳамчунин таркиби кимёвии маҳсулоти сӯзишворӣ ва сифати он хеле калон аст.

Нақши кимёгарон хусусан дар босифат тайёр намудани маҳсулоти сӯзишворӣ ва коркарди самараноки технологияҳои дигар чараёнҳо бекиёс аст.

Дар соҳаи кайҳоннавардӣ тадқиқотҳоро *бе математика тасаввур карда намешавад*. Тадқиқотҳои мураккаби математикӣ дар конструкия додани аппаратҳои ба кайҳон парронидашаванда, чараёнҳои тайёркунӣ ва парронидани онҳо истифода мешавад. Умуман ягон тадқиқоти ба кайҳоннавардӣ оид бударо бе ҳисобу китоб ба амал баровардан муҳол аст.

Дар солҳои охир кайҳоннавардӣ даҳҳо таҷрибаи биологиро *нақшагирӣ кард* ва *ба амал баровард*. Дар шароитҳои гуногуни кайҳонӣ (вакуум, бевазнӣ, радиатсия ва дигар) оид ба тағйиротҳо дар организми инсон садҳо таҷрибаи тиббӣ-биологӣ гузаронида шуда, аз таъсири манфии онҳо инсониятро огоҳ сохт.

Ба сифати падари кайҳоннавардӣ, асосгузари илмии он К.Е.Сиолковский тан гирифта шудааст. Ў нахустин шуда формулаи суръати ҳаракати ракетаро ёфтааст. К.Е.Сиолковский аз аввалинҳо шуда, ҳисобу китоби ҳаракати ракетаро дар майдони ҷозибҳои Замин карда, мавҷуд будани имкони ба суръати кайҳонӣ соҳиб шудани ракетаро асоснок намуд. Бо ёрии ин суръатҳо ракета қувваи ҷозибҳои Заминро мағлуб карда, ба мадори радифи маснуи он баромаданад, ҳатто ба Моҳ баромада ба саёҳати байнисайёравӣ рафташро дар ҳисобу китобҳои худ аниқ нишон дод.

Дар солҳои 20–30-уми асри XX гурӯҳи алоҳидаи олимони ба сохтани муҳаррикҳои ракетаҳо ва санҷиши онҳо оғоз намуданд. Дар Иттиҳоди собиқ аввалин лабораторияи конструкторӣ, ки имкони гузаронидани таҷрибаҳои нахустинро дар соҳаи сохтани ракетаҳои бедуди борутӣ меод, бо таклифи Н.И.Тихомиров соли 1921 ба қор афтид. Баъдан ин лаборатория васеъ карда шуда, аз соли 1928 номи лабораторияи газодинамикиро (ГДЛ) гирифт. Дар

он Б.С.Петропавловский, Г.Е.Лангемак, В.П.Глушко ва дигар муҳандис ва конструкторҳо тадқиқотчиёни аввалин буданд.

Қорҳои муҳими муҳандисии оид ба офаридани ракетаҳо гурӯҳи омӯзиши ҳаракати ракетаҳо (ГИРД) бурдааст. Ба сифати роҳбари ГИРД-и соли 1932 дар Москва ташкилшуда С.П.Королёв таъин гардид. Дар гурӯҳҳои дар шаҳри Москва ва Ленинград будаи ГИРД олимони машҳур ва муҳандисон чун В.П.Ветчинкин, Ф.А.Сандер, М.К.Тихонравов, Я.А.Победоносов, Н.А.Рикин, Я.И.Перелман қор карданд.

Ракетаи (мушак) нахустини сӯзишвориаш моеъ «ГИРД-09» соли 1933 17-уми август аз деҳаи Нехабинои наздикии шаҳри Москва бо мувафакқият парронида шуд. Соли 1957 қори мураккаб болои офаридани ракетаи паррон интиҳо ёфт. Ин қор аз тарафи сарконструктор С.П.Королёв, асосгузори қайҳоннавардӣ замонавӣ М.В.Келдиш ба амал бароварда шуд. Дар натиҷа, 4-уми октябр (соли 1957) бо ёрии ин ракета радифи нахустини маснуи Замин ба фазо бароварда шуд.

Аз соли 1959 сар қарда радифи табиӣ Замин – Моҳ аз тарафи аппаратҳои қайҳонӣ ба «нишон» гирифта шуд. Соли 1969 астронавти ИМА Н.Армстронг дар «Аполлон-11» ба сатҳи Моҳ нишаста, орзуи асрии инсонро ба рӯёб баровард. Аз аввалҳои солҳои 60-ум бошад, стансияҳои автоматикии байнисайёравӣ сайёраҳои ҳамсояро (аввал Венера ва Марсро, баъдтар Меркурийро) ба тадқиқ қардан оғоз намуданд. Солҳои 1972, 1973 бошад, олимони ИМА дар доираи нақшаи «Саёҳати қалон» сайёраҳои азимро ба тадқиқ қардан сар карданд. Стансияҳои автоматии «Воячер-1» ва «Воячер-2»-и ИМА, ки соли 1977 дар доираи ҳамин нақша парронида шуда буданд, то Нептун (соли 1989) расида рафтанд.

Қайҳоннавардӣ дар хизмати инсон. Фаъолияти вобаста ба азхудкунии қайҳони инсон барои ӯ дар омӯхтани бойиғариҳои геологии сайёраи Замин, табиат ва иқлими он имкониятҳои қалон фароҳам меоварад. Инсон аз Қайҳон ба Замин назар андохта, чӣ қадар хурд, ноёб ва зебо будани онро дарк намуд. Ҳамзамон ба ин, бо ин назар инсон муаммоҳои экологӣ, энергетикӣ ва демографияи ба Замин таҳдид қардаистодаро ҳам бидид.

Хусусан, барои пешгирии ҳалокати энергетикӣ дар Замин офаридаҳои иншоотҳои азими истифодакунандаи энергияи Офтоб, барои ҳалосебӣ аз ҳалокати демографӣ бошад, «азхудкунии» минтақаи атрофи Замин – вазифаҳои муҳимест, ки бояд қайҳоннавардӣ ҳал намояд.

Аз Кайҳон истода бо ҳолати кураи биологии Замин шинос шудан, омӯхтани захираҳои табиӣ, майдонҳои замини ҷангал ва хочагии қишлоқ ва муайянкунии майдонҳо барои корҳои геологӣ–кофтуковӣ аз вазифаҳои муҳимтарини кайҳоннавардист. Имрӯз кайҳоннавардӣ ҳамчунин аз Замин берун кардани партовҳои зиёдшаванда ва аз нав коркарданашавандаи *захрнок ва радиоактивро ҳам ба нақша гирифтааст*. Ҳамчунин кайҳоннавардӣ дар давоми даҳсолаҳои наздик дар кайҳон сохтани таҷҳизоти азими энергетикӣ, ҷойгир кардани маҷмӯаҳои коркарди захираҳои ашёи хомро ҳам ба нишон гирифтааст.

Кайҳони наздикро ба муҳити ба инсон хизматкунанда мубаддал гардонидан, дигар ҳел карда гӯем, *экологикунони кайҳон*, яъне дар замони дар миқёси глобалӣ пеш омадани инқирозҳои экологӣ аз оқибатҳои ҳалокатовари онҳо ҳалос кардани сайёраамон аз намудҳои муҳимтарини фаъолияти кайҳоннавардист.

Ҳамчунин имрӯз, дар стансияҳои мадорӣ таҷрибаҳои зиёде барои дар шароити вакуум гирифтани хӯлаҳои тозаи филизӣ, калон кардани кристаллҳои ноёб, тайёркунии хӯлаҳои нави босифат ва воситаҳои дорувор гузаронида шуда истодааст.

Кайҳоннавардӣ дар оянда дар бобати истифодаи маводи таркибии Моҳ ва баъзеи астероидҳо ҳам корҳои калонро ба нақша гирифтааст. Айнан ҳамин мақсадҳоро ба назар гирифта, *лоихаҳои стансияҳои аҳолинишин* дар Моҳ имрӯз аз тарафи олимони муҳокима мешавад.

Тайёр шудани лоихаи дар атрофи фазои Замин ба кор андохтани таҷҳизоти азими энергетикӣ, аз ҷумла «Фабрикаи Офтоб» инсониятро дар оянда аз ҳалокати энергетикӣ ҳалос мекунад ва ин аз мақсадҳои муҳими инсондӯстист.

Савол ва супоришҳо:

1. Кайҳоннавардӣ чиро меомӯзад?
2. Дар бораи алоқаи кайҳоннавардӣ бо фанҳои дигар, аз ҷумла физика, техника ва астрономия чӣҳо медонед?
3. Дар бораи олимони ба ташаккули кайҳоннавардӣ саҳм гузошта ва фаъолияти онҳо чиро донед, нақл кунед.
4. Дар бораи фаъолияти ташкилотчиёни ГДЛ ва ГИРД нақл карда диҳед.
5. Радиои нахустини маснуи Замин кай ба мадор бароварда шудааст?
6. Мақоми кайҳоннавардӣ дар таҳаввулоти тамаддун чӣ гуна аст?

МАВЗЎИ 31. § 64. Қонунҳои ҳаракати ракета. Қувваи кашиши ракета

Қонунҳои ҳаракати ракета асоси назарияи парвозҳои кайҳониро ташкил мекунад. Кайҳоннавардӣ бо сохтори муҳаррикҳои гуногуни ракета, ки манбаъҳои гуногуни энергияро истифода мекунанд, кордор аст. Аз ҳисоби аз тарафи муҳаррикҳо ба як тараф баровардани маҳсулоти сӯхта (массаи «ҷисми қорӣ» номидашаванда), мувофиқи қонуни бақои миқдори ҳаракат, қувваи муассир барои ба тарафи муқобил самт гирифтани ракета – қувваи кашиши ракета ба вучуд меояд (расми 113).

Қувваи кашиши ракета ба миқдори «массаи қорӣ»-и аз ракета дар воҳиди вақт ҳаво додашаванда, яъне масса ва суръати баромадани он вобаста мешавад, яъне:

$$F = q \omega, \quad (1)$$

Ин ҷо: q – миқдори массаи дар воҳиди вақт сарфшаванда (кг/с) (сарфи со-
ниядори масса), ω – суръати массаи ҳавододашударо дар нисбати ракета дар
м/с диҳем, F қувваи кашиш дар нютонҳо (N) ифода мешавад.

а)



б)



Расми 113. а) намуди умумии киштии кайҳонӣ; б) киштии кайҳонӣ ҳангоми парвоз.

Агар дар формула (1) тарафи рости онро ба бузургии шитоби афтиши озод дар сатҳи Замин $g=9,8 \text{ м/с}^2$ зарб зада, тақсим кунем, дар он ҳол ба ифодаи зерини қувваи кашиш соҳиб мешавем:

$$F = \omega q = \frac{\omega}{g} \cdot gq \quad \text{ё} \quad F = I_{\text{мук}} gq, \quad (2)$$

ин ҷо $I_{\text{мук}} = \frac{\omega}{g}$ – импульси муқоисавӣ буда, воҳиди он дар $\frac{\text{м/с}}{\text{м/с}^2}$ яъне дар сония чен карда мешавад; он ҷо gq – сарфи сониявии вазро ифода карда, дар $\frac{\text{кК}}{\text{с}}$ чен карда мешавад. Бузургии қувваи кашиш бошад F , дар қувваи кашиш кК (килограмм – қувва) ифода мешавад. Бинобарин импульси муқоисашаванда сарфи сӯзишвории дар кК ҳо ифодаёфтгаро бароварда ва қувваи кашиши бо кК чен шударо дар шакли $\frac{\text{кК}}{\text{кК/с}}$ тавсиф дода, дар сония чен мешавад.

Дигар хел карда гӯем, $I_{\text{мук}}$ – импульси муқоисашаванда гарчи аз ω суръат дар воҳиди дигар чен карда мешавад, ба суръати ҷисми корӣ ω мутаносиб мешавад, чунки ω суръат, аз импульси $I_{\text{мук}}$ бо қимати тағйирнаёбанда – $g=9,8 \text{ м/с}^2$ фарқ мекунад – $\omega = g \cdot I_{\text{мук}}$.

Акнун ба як қатор бузургиҳои тавсифии ракета истода гузарем. Маълум аст, ки ба ракета ба ғайр аз қувваи кашиш боз як қувваи дигар – қувваи ҷозибаи Замин ва чирмҳои дигари осмонӣ, муқобилати атмосфера, фишори нур таъсир мекунад. Аммо ҳоло диққати моро суръати қувваи кашишдода $a_{\text{рак}}$ – ба худ ҷалб кардааст. Мувофиқи қонуни дуҷуми механика он:

$$a_{\text{рак}} = \frac{F}{m}, \quad (3)$$

ин ҷо, F – бузургии қувваи кашиш, m – массаи ракета дар лаҳзаҳои муайян аст. Ҳангоми парвоз массаи ракета кам шуда, суръаташ зиёд мешавад. Аз ҳамин сабаб яке аз хусусиятҳои асосии ҳаракати ракета ин *суръати ибтидоии реактиви он* a_{p0} , яъне суръати он ҳангоми массаи пурраи ибтидоӣ (m_0) гирифта мешавад:

$$a_{p0} = \frac{F}{m_0}, \quad (4)$$

инҷо m_0 – миқдори массаи ибтидоии ракета мебошад. Агар ба ракета дигар қувваҳо таъсир накунад, суръати реактивӣ фақат суръати дар зери таъсири

қувваи кашиш пайдокардаашро тавсиф мекунад. Бо таъбири К.Е. Сиолковский гӯем, он суръати ракетаро ҳангоми ҳаракат дар фазои озоди фазавӣ ифода мекунад.

Агар муҳаррики ракетаро дар фазои озод ба кор андозем, он қувваи кашишро ба вучуд оварда, имкон медиҳад, ки ракета суръати маълумро соҳиб шавад ва аз рӯйи хатти рост ҳаракат намуда, суръаташро зиёд намояд.

Массаи ракета аз m_0 то $m_{\text{ок}}$ – миқдор кам шавад, ба кадом суръат соҳиб шудани онро бо формулаи зерини Сиолковский ёфта аниқ кардан мумкин аст:

$$v = \omega \ln \frac{m_0}{m_{\text{ок}}} = 2,30259 \omega \lg \frac{m_0}{m_{\text{ок}}}, \quad (5)$$

Ин ҷо ω – суръати аз соплони ракета баромадани маҳсулоти сӯзишворӣ буда, он тағйирнаёбанда қабул шудааст. Суръати бо ёрии ин формула ёфташуда захираи энергетикӣ ракетаро тавсиф мекунад ва *суръати идеалии характеристикавӣ* номида мешавад. Мувофиқи он (5) ро ба таври зерин навистан мумкин аст:

$$\frac{m_0}{m_{\text{ок}}} = e^{\frac{v}{\omega}}, \quad (6)$$

ин ҷо $e=2,71828$ асоси логарифми натуралиро ифода мекунад. Суръати идеалӣ v , ба суръати аз ракета баромадани массаи газ (ω) ва *адади Сиолковский* $z = \frac{m_0}{m_{\text{ок}}}$ вобаста мешавад.

Савол ва супоришҳо:

1. Қувваи кашиши ракета ба чӣ вобаста аст?
2. Импулси муқоисашаванда гуфта чиро мефаҳманд?
3. Импулси муқоисашаванда кадом бузургии тавсифкунандаи қувваи кашиши ракета аст?
4. Бо ёрии формулаи Сиолковский кадом бузургии тавсифии ҳаракати ракета ёфта мешавад?
5. Кадом суръатро суръати идеалии ракета мегӯянд?
6. Адади Сиолковский гуфта чиро мегӯянд?

МАВЗЎИ 32. § 65. Сохтори ракета ва тавсифномаи конструктивии он

Чуноне аз таҳлили формулаи Сиолковский маълум мешавад, нисбати массаи ибтидоӣ ва ниҳонии (охири) ракета барои он яке аз бузургҳои тавсифкунанда ҳисобида мешавад. Бинобарин, барои ба суръати маълум баровардани ракета бояд массаи ибтидоии онро m_0 ба ду қисм: 1) массаи қисми қорӣ ва 2) ниҳой – ба массаи боқӣ тақсим карда омӯхтан лозим (*расми 114*).

Чуноне дар боло оварда шуд, $\frac{m_0}{m_{\text{ок}}}$ адади Сиолковский z гуфта, он ба аниқ қардани суръати аз соплло баромадани қисм ω ва суръати гирифтаи ракета v имкон медиҳад.

Массаи «хушк»-и ҳолӣ аз массаи қорӣ ракета, яъне $m_{\text{ок}}$ аз массаи конструкцияи ракета $m_{\text{к}}$ ва массаи ғоиданок $m_{\text{ф}}$ ташкил меёбад. Ба массаи конструкция, ба ғайр аз конструкция, боз сохтори муҳаррики тамоми агрегатҳоро дархӯд гирифта, сохтори идора ва сохторҳои навигатсия ва алоқа медарояд. Ба массаи ғоиданок $m_{\text{ф}}$ бошад, апаратураи илмӣ, системаҳои радиотелеметрӣ, қисмҳои ба мадор барорандаи апарати қайҳонӣ ва экипаж, корпус ва таҷҳизоти таъминкунандаи ҳаёт дар қишти қайҳонӣ медарояд. Нисбати массаи якҷояи конструкция ва қисми қорӣ ба массаи конструкция s *характеристикаи конструктиви ракета*ро муайян мекунад:

$$s = \frac{m_0 - m_{\text{ф}}}{m_{\text{ок}} - m_{\text{ф}}}$$

Барои ҳар қадом ракета одатан $z < s$ мешавад. Агар конструкторон бо маҳорат ба конструкцияи массааш минималӣ ҳисобшуда қисми қорӣи максимумиро қойгир кунанд ҳам, фақат як роҳи баланд намудани суръати ракета ҳаст, ки он кам намудани бори ғоиданок ракета $m_{\text{ф}}$ мебошад. Агар аз бори ғоиданок тамоман даст кашада шавад, яъне $m_{\text{ф}} = 0$ бошад, $s = z$ мешавад. Бешубҳа, ҳангоми конструкциясозии ракета аз бори ғоиданок даст кашада намешавад.



Расми 114. Схемаи структуравии ракета

Ифодаи $p = \frac{m_0}{m_\phi}$ массаи нисбии ибтидоӣ номида шуда, бузургии баръакси он бошад $\frac{1}{p}$ сарбории нисбии фойданок ё коэффисиенти сарбории фойданок номида мешавад. Ин бузургихоро ба (1) монда, дар s бастагии z ва p , баъд аз он қиматҳои z ва p -ро ёфтан мумкин аст.

§ 66. Қувваҳои таъсиркунанда ба аппаратҳои кайҳонӣ ҳангоми парвоз

1. Ҳангоми парвоз яке аз қувваҳои муҳими табиӣ ба аппаратҳои кайҳонӣ (АК) таъсиркунанда – *қувваи ҷозибаи олам аст*. Қувваи ҷозиба байни ҷисмҳои моддӣ буда ба қонуни ҷозибаи олам, ки аз тарафи Нютон кашф шудааст, иттиҳоди мекунад. Маълум аст, ки ифодаи математикии он:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

ин ҷо: F – қувваи ҷозибаи байни ҷисмҳои моддӣ m_1 ва m_2 – массаҳои онҳо r – масофаи байни онҳоро ифода мекунад, коэффисиенти пропорционалӣ G бошад, доимии гравитатсионӣ номида шуда, массаҳо дар кг, масофа дар м (метр), қувва дар Нютон Н ифода шуда, бо қимати ба $6,672 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$ баробар ҷен карда мешавад.

2. Ҳангоми ҳаракати АК қувваи дигари ба он таъсиркунанда – *қувваи муқобилати атмосфера аст*. Чӣ қадар пастр парвоз карда шавад (дар нисбати сатҳи Замин), ин қувва ҳамон қадар калон мешавад, чунки баландӣ чӣ қадар кам шавад, зичии атмосфера меафзояд. Ин қувва *қувваи аэродинамикӣ ном* бурда мешавад.

3. Ба АК дар холигии байнисайёравӣ парвозкунанда боз як қувваи дигар таъсир карда, он *қувваи фишори нури Офтоб* аст. Агар массаи АК на он қадар калон буда, сатҳи он калон бошад, дар ин ҳол қувваи фишори Офтоб ба он таъсир расонида метавонад ва онро дар масофаҳои калон бояд ба ҳисоб гирифт.

4. Қувваҳои дигари дар фазои кайҳонӣ ба АК таъсиркунанда қувваҳои электр ва магнитӣ буда, онҳо ба ҳаракати ростхаттаи АК не, балки ба ҳаракати даврешакли атрофи маркази вазни он таъсир мерасонанд.

Бевазнӣ. Душвор нест бифаҳмем, ки тамоми нуқтаҳои ҷисми дар фазои кайҳонӣ сари мадори муайяни доирашакл озод ҳаракаткунанда бо суръати якхела ҳаракат мекунад. Агар фарз кунем, ки киштии кайҳонӣ аз қисмҳои алоҳида таркиб ёфтааст ва ба АК фақат қувваи ҷозибаи ҷисми марказии осмон таъсир мекунад, суръати тамоми қисмҳои он як хел мемонад, агар тағйир ёбад ҳам, суръати ҳамааш як хел тағйир меёбад. Зеро суръатгирии гравитатсионӣ ба массаи ҷисми дар ҳаракат буда вобаста нест:

$$a_r = \frac{GM_{\oplus}}{r^2},$$

ин ҷо: M_{\oplus} – массаи ҷисми деталҳои АК–ро кашанда (аз онҳо деталҳо нест!) r – масофаи АК то ҷисми марказӣ буда, барои тамоми деталҳои АК як хел аст. Барои ҳамин траекторияҳои деталҳои АК як хел буда, дар фазо парокандашавии онҳоро пешгирӣ мекунад. Бинобарин, дар байни деталҳои алоҳидаи АК фишор ба вучуд намеояд, яъне вазн дар нисбати якдигар гум мешавад. Кайҳоннавард ба курсии худ нишаста онро зер намекунад, фонуси овезон сими худро кашанда таранг намекунад, қалами партофташуда ба миз наафтада муаллақ мемонад ва ҳоказо, чунки суръат ва шитоби ҳамаи онҳо як хел мешавад. Дар дохили кабинаи киштӣ маънои калимаҳои шифт, фарш гум мешавад. Ба ҳаракати ҷисмҳои дар дохили киштӣ буда қувваи ҷозибаи Замин «даҳолат» карда наметавонад.

Пайдо шудани қувваҳои дигари беруна (қувваи муқобилати муҳити беруна, қувваи реаксияи таҷағҷӣ ва дигар) бевазнро гум карда, ба пеш омадани ҳолати вазндорӣ меорад.

Савол ва супоришҳо:

1. Ракета аз кадом қисмҳо иборат аст?
2. Хarakterистикаи конструктивии ракета гуфта чиро мефаҳманд?
3. m_{ϕ} , m_0 , m_k , m_{ox} кадом массаҳои ба ракета мансубро тавсиф мекунад?
4. Ҳангоми парвоз ба АК кадом қувваҳо таъсир мекунад?
5. Ҳангоми парвози озод бо иҷрои кадом шартҳо дар дохили АК ҳолати бевазнӣ рӯй медиҳад?

Биёед бубинем, ки траекторияи радифи Замин, ки дар майдони ҷозибача он ҳаракат мекунад, чӣ гуна аст. Аз сабаби он, ки шитоби ба РМ (радифи маснӯъ) диҳандаи Офтоб ба шитоби ба Замин додешавандаи он тахминан баробар аст (бо сабаби аз Офтоб қариб дар як масофа буданашон) ҳулоса кардан мумкин аст, ки РМ фақат зери таъсири Замин ҳаракат мекунад. Зеро инчӯ шитоби берункунандаи Офтоб, ки ба радиф дода мешавад, ба фарқи шитоби ба Замин ва радиф додаш баробар буда, аз боиси нисбати шитоби ба радиф додаи Замин хеле хурд буданаш, ба ҳисоб гирифта нашуданаш мумкин аст.

Барои ҳамин ҳисобу китоби тахминӣ нишон медиҳад, ки ҳаракати АК фақат зери таъсири Замин ба амал мепазирад, дигар хел карда гӯем, ҳаракат дар доираи маҳдуди ду ҷисм омӯхта мешавад. Ин ҳол барои ҳисоб кардани мадори РМ шароити мусоид меофарад. Ҷисми осмониро кураи якҷинсаи моддӣ, ё ҳеч набошад, тасаввур кунем, ки он аз қабатҳои курашакли ғафсии якхела доштаи ба даруни ҳамдигар ҷойгирифта иборат аст. Дар ин ҳолат массаи пурраи ҷисм дар маркази он (дар шакли нуқта) муҷассам шуда, ба хусусияти ҷозибача соҳиб мешавад. Ин майдони ҷозибача, чуноне хотирнишон шуда буд, *майдони марказии ҷозибача* (ММҶ) ном бурда мешавад.

Пештар мо дар бораи «Масъалаи ду ҷисм» (§ 27) дар бораи майдони марказии ҷозибача сухан ронда, дар бораи хусусияти аз майдони оддӣи ҷозибача фарқкунандаи он ҳарф зада будем. Ёдовар карда будем, ки аз ҷисми радиусаш R майдони ҷозибача диҳандаи M , ки дар майдони дилхоҳи ҷозибача ҳаракат мекунад, дар масофаи калони r бошад (яъне $r \gg R$), ҳар кадом майдони ҷозибача ба ҷисм чун ММҶ таъсир мекунад. Мувофиқи қонуни бақои энергия суръати v_r ҷисми массааш m дар майдони ҷозибача ҳаракаткунанда, ки аз ҷисм дар r масофа аст, бо формулаи ифодакунандаи суръати ибтидоӣи он v_0 дар механикаи осмон номи интегралӣ энергияро гирифтааст:

$$v_r^2 = v_0^2 - \frac{2GM}{r_0} \cdot \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \quad \text{ё ки} \quad v_r^2 = v_0^2 - \frac{2K}{r_0} \cdot \left(1 - \frac{r_0}{r}\right), \quad (1)$$

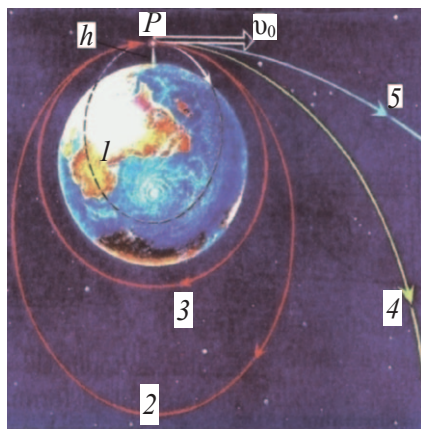
ин ҷо $K = GM$, ифодакунандаи майдони марказӣ, параметри гравитатсионӣи ҷисм номида шуда, барои Замин $K_{\oplus} = 3,99 \cdot 10^5 \text{ км}^3/\text{с}^2$, барои Офтоб

$K_{\odot} = 1,33 \cdot 10^{11} \text{ км}^3/\text{с}^2$, барои Моҳ бошад ба $4,9 \cdot 10^3 \text{ км}^3/\text{с}^2$ баробар мешавад.

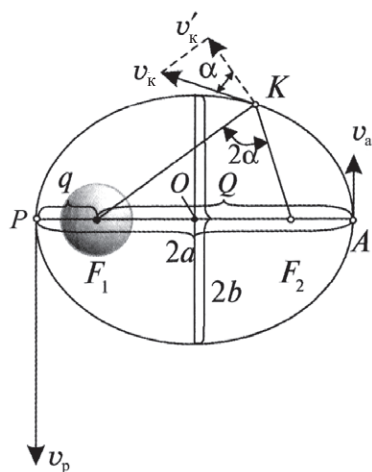
Он барои майдони маркази ҷозибаро $r \approx R$ ҳам шуда метавонад. Дар поён бо траекторияҳои ҳаракати ҷисми дар майдони марказии ҷозибаро ҳаракаткунанда шинос мешавем. Траекторияи мушоҳидашавандаи ҳаракатҳои аппарати кайҳониро дар майдони марказӣ (дар мисоли майдони Замин) ба чор гурӯҳ ҷудо кардан мумкин аст:

1. *Ҳаракати ростхатта*. Агар ҷисми дар баландии маълум будаи суръати ибтидоӣ ба сифр баробар сар дода шавад, он ба сӯи маркази ҷисми майдони марказиро диҳанда рост меафтад. Агар суръати ибтидоии ҷисм ба марказ ё тарафи муқобил ба самти радиал бо суръати баланд ҳаво дода шавад, ҳаракати он низ ростхатта мешавад. Дар тамоми ҳолатҳои дигар ҳаракати ростхаттаи ҷисм мушоҳида намешавад.

2. *Ҳаракат аз рӯи траекторияи эллипсӣ*. Агар суръати ибтидоии АК аз самти радиалӣ фарқ карда, он аз нуқтаи P дар ҳолати уфуқӣ ҳаво дода шавад, траекторияи ҳаракати он ба сабаби ҷозибаро ҷисми марказӣ албатта ҳам меҳӯрад. Роҳи он ҳар дафъа дар ҳамвории аз вектори суръат ва маркази Замин гузаранда меҳобад. Агар суръати ибтидоии АК барои Замин аз суръати якуми кайҳонӣ калон, аз дуумаш хурд бошад, траекторияи он шакли эллипсро медиҳад (расми 115). Агар эллипси мазкур сатҳи ҷисми осмонии ҷазбкунандаро бурида нагузарад, АК ба радифи маснӯи ин ҷисм, маркази ҷисми осмон бошад, ба яке аз фокусҳои эллипс мубаддал мешавад.



Расми 115. Ҳаракати ҷисм дар атрофи траекторияи эллиптикии маркази майдони ҷозибаро.



Расми 116. Траекторияҳои ҳаракат дар майдони марказии ҷозибаро (ба сифати мисол ҳаракати АК дар майдони ҷозибаро Замин оварда шудааст).

Чуноне ёдовар шудем, фокусҳои эллипс гуфта, ҳамон нуқтаҳое дар назар дошта мешаванд, ки ҳосили ҷамъи порчаҳои нуқтаҳои дилхоҳи эллипсро пайваस्तкунанда тағйирнаёбанда мешавад. Тири аз ҳардуи фокуси эллипс гузашта *тири калони* он номида мешавад. Нисфи тири калон *нимтири калон* номида шуда, масофаи миёнаи радифро то ҷисми осмон мефаҳмонад ва бо ҳарфи a ифода мешавад. Дар нуқтаи ихтиёрии эллипс K суръати радиф v бо масофаи то маркази ҷозоба r_k ва нимтири калони радиф a ба таври зерин вобаста буда, он дар намуди нави интегралӣ энергия мешавад:

$$v^2 = K \left(\frac{2}{r_k} - \frac{1}{a} \right). \quad (2)$$

Дар ин формула K параметри гравитатсионии Заминро ифода мекунад. Даври ҷисми дар майдони марказии ҷозоба рӯйи эллипс ҳаракаткунанда T бошад, мувофиқи қонуни Кеплер аз муносибати зерини байни он ва нимтири калони эллипс a ёфта мешавад:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \quad \text{ё ки} \quad T = \frac{2\pi}{\sqrt{K}} a^{\frac{3}{2}}. \quad (3)$$

Нуқтаҳои аз ҷисми марказӣ дар масофаи хурдтарин ва калонтарин ҳобида (*дар расми 115 нуқтаҳои P* ва A) ба таври мувофиқ *перигей* ва *апогей* номида мешавад. Агар соҳиби қувваи ҷозоба Замин бошад, он нуқтаҳо *перигей* ва *апогей* номида шуда, агар Офтоб бошад, *перигелий* ва *афелий* ном бурда мешавад. Суръати АК дар перигей (v_n) ба қимати максимум, дар апогей бошад (v_a) ба қимати минимум мерасад. Лаҳзаи миқдори ҳаракат ва қонуни бақои энергия бо ҳамдигар ба таври зерин вобаста мешаванд:

$$m_0 \cdot v_n \cdot r_n = m_0 \cdot v_a \cdot r_a \quad \text{ё ки} \quad v_n \cdot r_n = v_a \cdot r_a, \quad (4)$$

ин ҷо r_n ва r_a – аз маркази Замин дур будани нуқтаҳои перигей ва апогей.

Агар аз сатҳи ҷисми марказӣ (масалан Замин) ба баландии маълум h аз нуқтаи P (*расми 115*) бо суръати ибтидоии уфуқӣ аппарати кайҳонӣ паррониданида шавад, нуқтаи P дар вобастагӣ бо бузургии суръати ибтидоӣ ба перигей ё апогеи мадор (*мадорҳои 1 ва 2 дар расм 115*) мубаддал мешавад. Дар қиматҳои маълуми суръат он аз рӯйи давра ҳаракат намуда (*дар расм 115 мадори 3*) радиуси мадори давра r бошад, он гоҳ

$$v_d^2 = \frac{K_{\oplus}}{r} \quad \text{ё ки} \quad v_d = \sqrt{\frac{K_{\oplus}}{r}} \quad (5)$$

мешавад, ин чо K_{\oplus} – параметри гравитатсионии Замин буданаширо дониста, дар масофаи ихтиёрии r суръати ба мадори даврашакли он мувофиқро осон ёфтган мумкин аст. Ин чо R_{\oplus} – ба радиуси Замин баробар бошад, ин ифода барои Замин:

$$v_1 = \sqrt{\frac{K_{\oplus}}{R_{\oplus}}} \quad (6)$$

аст ва суръати якуми кайҳониро ифода мекунад, қимати он ба 7,91 км/с баробар аст.

3. *Ҳаракат аз рӯйи траекторияи параболӣ.* Мадори эллипсии апогеяш дар беохирӣ «хобида» бешубҳа эллипс буда наметавонад (дар расми 115, мадори 4). Инчо АК аз маркази чозибача хеле дур рафта аз рӯйи хатти қачи кушод – парабола ҳаракат мекунад. Аз маркази чозибача дур шудан гирифта, суръати АК ҳам кам шудан мегирад. Аз формулаи ҳисобкунии ҳаракат аз рӯйи эллипс (1) ба беохирӣ $\alpha \rightarrow \infty$ буданаширо ба ҳисоб гирифта, дар масофаи ибтидоӣ r_0 бузургии суръати ибтидоиро барои мадори параболӣ v_0 ро меёбем:

$$v_0^2 = \frac{2K}{r_0} \quad \text{ё ки} \quad v_0 = \sqrt{\frac{2K}{r_0}} \quad (7)$$

Ин суръати ҳисобшуда параболӣ ё *суръати озод* номида мешавад, чунки баъди ба ин суръат расидан, АК аз рӯйи парабола ҳаракат карда, ба маркази чозибача барнамегардад, дигар хел карда гӯем, *озод мешавад*.

Агар $r = R_{\oplus}$ – ба радиуси Замин баробар гуфта гирифта шавад,

$$v_{II} = \sqrt{\frac{2K_{\oplus}}{R_{\oplus}}} \quad (8)$$

буда, он *суръати дуҷуми кайҳонӣ* номида мешавад, қимати он барои Замин 11,186 км/с ро ташкил мекунад.

Суръати якум ва дуҷуми кайҳониро муқоиса карда:

$$v_{II} = v_{\text{озод}} = v_1 \cdot \sqrt{2} \quad \text{ё} \quad v_{\text{озод}} = 1,414 v_1 \quad \text{буданаширо меёбем.}$$

Акнун аз ин баробарӣ истифода карда, интегралҳои энергияро нависта, дар майдони чозибача суръат аз маркази ҷисм дар масофаи r

$$v_r^2 = v_0^2 - v_{\text{озод}}^2 \cdot \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \quad (9)$$

мебарояд. Ин чо $r \rightarrow \infty$ бошад: $v_r^2 = v_0^2 - v_{\text{озод}}^2$ мешавад. Аз ин дар беохирӣ $v=0$ буданаш маълум мешавад, чунки $v_0 = v_{\text{озод}}$, барои баромадан ба мадори параболӣ бояд $v_0 = v_{II}$ шавад.

4. *Траекторияҳои гиперболӣ.* Агар АК ба суръати аз параболӣ баландтар соҳиб шавад, дар ин ҳолат ҳам аз рӯйи хатти моили кушод ҳаракат карда, ба «беохирӣ мерасад», аммо дар ин ҳолат траекторияи он шакли гиперболаро (5-мадор) мегирад. Дар ҳолати мазкур суръати АК дар беохирӣ ба сифр баробар намешавад. Гарчи чӣ қадар аз қувваи ҷозиба дур шавад, суръаташ ҳам кам шуда меравад, аммо он $r \rightarrow \infty$ бошад аз суръати аз (9) ёфташавандаи ин суръат v_∞ кам шуда наметавонад:

$$v_\infty^2 = v_0^2 - v_{\text{озод}}^2 \quad (10)$$

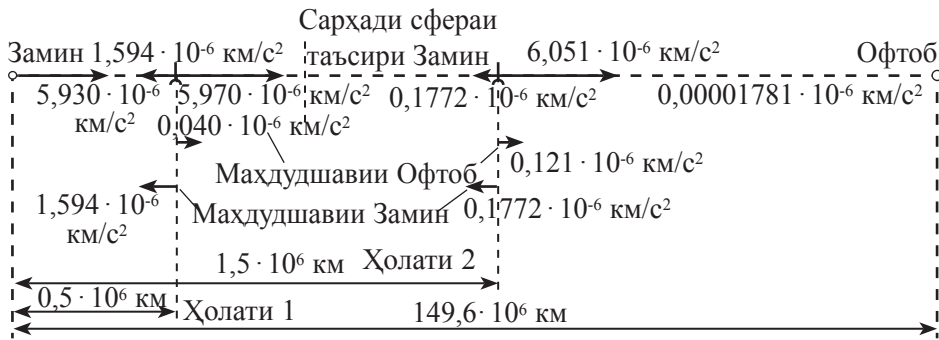
Дар ин ҷо v_∞ – суръати боқимонда (баъзан суръати гиперболии дараҷаи олі) ном дорад. Траекторияи гиперболӣ аз маркази ҷозиба дур, аз хатҳои рости асимптотаҳои гипербола номидашаванда қариб фарқ намекунад. Барои ҳамин ҳам дар масофаи калон траекторияи гиперболиро траекторияи ростхатта номидан мумкин. Дар траекторияҳои параболӣ ва гиперболӣ ҳар ду баробарии боло ҳам ҷой дорад. Ҳаракати АК дар майдони ҷозиба ба шарафи олими немис И. Кеплер, ки шакли эллиптикии ҳаракати сайёраҳо кашф кардааст ва қонунҳои ҳаракати онҳо аниқ кардааст, ҳаракати кеплерӣ номида мешавад.

Савол ва супоришҳо:

1. Траекторияи ҷисми дар маркази майдони ҷозиба ҳаракаткунанда оё ба суръати ибтидоии он вобаста аст?
2. Намуди формулаи интегралӣ энергия чӣ тавр аст ва он кадом вобастагии байни бузургиҳои физикиро ифода мекунад?
3. Даври ҷисми аз рӯйи эллипс ҳаракаткунанда чӣ тавр ёфта мешавад?
4. Кадом суръатҳо суръати яқум ва дуҷуми кайҳонӣ меноманд?
5. Дар суръати АК аз рӯйи траекторияҳои гиперболӣ ва параболӣ дар беҳудӣ ҳаракаткунанда кадом фарқ мешавад?

МАВЗӮИ 34. § 68. Ҳисобкунии тахминии доираи таъсир ва траекторияи аппарати кайҳонӣ

Мадори кеплерии АК барои ҷисмҳои реалии осмон аз ҷумлаи мадорҳои мебошад, ки ба амал оварда намешаванд. Сабаб ҷисми марказии осмонӣ дорои симметрияи муайяни куравӣ нест ва бинобар ҳамин майдони он низ марказӣ шуда наметавонад. Таъсири ҷисмҳои берунаи осмонӣ ва дигар



Расми 117. Ҳисоби каноргириҳо аз Замин ва Офтоб.

омилҳо барои омӯхтани ҳаракати ҷисм бояд ба эътибор гирифта шавад. Вале ҳаракати кеплерӣ то дараҷае сода ва хуб омӯхта шудааст, ки аз баҳри он гузаштан амрест муҳол. Аз ин рӯ мадори Кеплерро чун мадори ибтидоӣ қабул намуда, бeroҳасозии аз дигар ҳолатҳо ҳосил шуда ҳангоми ҳисобу китоб алоҳида ба эътибор гирифта мешавад, ба таври дигар гӯем, траекторияи ҳаракати ҷисм саҳеҳтар карда мешавад.

Барои АК, ки дар атрофи Замин ҳаракат карда истода аст, бeroҳасозии гравитатсиониро, ки аз тарафи ҷисмҳои дигари осмонӣ расонида мешаванд, барои ду ҳолат ҳисоб менамоем. Фарз кунем, ки ҷисми осмонии бeroҳасоз Офтоб бошад (*расми 117*).

Ҳолати 1. АК, ки дар рӯйи хатти рости Офтобу Замин ҷойгиршуда аз Замин дар масофаи $500\,000 \text{ км}$ ва аз Офтоб дар масофаи $149\,100\,000 \text{ км}$ аст ва ба ин АК Замин шитоби $1,594 \cdot 10^{-6} \text{ км/с}^2$ дода, Офтоб шитоби $5,970 \cdot 10^{-6} \text{ км/с}^2$ медиҳад.

1. Агар мақсади мо омӯхтани ҳаракати геомарказии АК бошад, шитоби бeroҳасоз ба фарқи байни шитобҳои аз тарафи Офтоб ва Замин ба АК диҳанда $(5,970 \cdot 10^{-6} - 1,594 \cdot 10^{-6}) \text{ км/с}^2 = 0,040 \cdot 10^{-6} \text{ км/с}^2$ ташкил медиҳад. Ин бошад, $2,5\%$ шитоби Замин ба АК диҳандаро ташкил медиҳад.

2. Акнун агар ҳаракати гелиомарказии АК ро аз Замин дар ин масофа омӯхтанӣ бошем, дар ин ҳолат фарқи шитоби аз тарафи Замин ба АК додешаванда ва шитоби ба Офтоб додешаванда $(0,00001781 \cdot 10^{-6} \text{ км/с}^2)$ барои шитоби аз тарафи Офтоб ба АК додешаванда $5,97 \cdot 10^{-6} \text{ км/с}^2$ шитоби бeroҳасоз шуда, вай $1,594 \cdot 10^{-6} \text{ км/с}^2$ ва он $26,7\%$ -и шитоби ҷисми марказии Офтоб ба АК диҳандаро ташкил медиҳад. Яъне, маълум мешавад, ки

ба ҳаракати гелиомаказӣ таъсири шитоби бeрoҳасозии Замин то ба дараҷаи муайяне калон аст. Бинобар ин дар ҳолати 1 ба ҳулосае омадан мумкин аст, ки АК дар атрофи Замин дар ҳаракати геoмаказӣ мебошад.

Ҳолати II. Акнун агар АК дар рӯи хатти Замин-Офтоб аз Замин дар масофаи 1 500 000 км ва аз Офтоб дар масофаи 148 100 000 км ҷойгир бошад:

1. Аввало бузургии шитоби бeрoҳасозии аз тарафи Офтоб додашавандарo, хангоми дар атрофи Замин аз рӯи *траекторияи геoмаказӣ* давр задани АК муайян намоем. Аз *расми 117* намоён аст, ки шитоби ба АК аз таъсири Замин гирифташаванда $0,1772 \cdot 10^{-6}$ км/с² ро ташкил медиҳад. Шитоби аз таъсири Офтоб гирифтаи АК ба $6,051 \cdot 10^{-6}$ км/с² баробар мешавад. Акнун, мувофиқи он ки Замин аз Офтоб шитоб ($5,930 \cdot 10^{-6}$ км/с²) мегирад, шитоби бeрoҳасозии Офтоб ($6,051 \cdot 10^{-6} - 5,930 \cdot 10^{-6}$) км/с² = $0,121 \cdot 10^{-6}$ км/с² буда, он 68,3%-и шитоби АК аз Замин гиранда ($0,1772 \cdot 10^{-6}$ км/с²) ро ташкил медиҳад.

2. Акнун агар фарз кунем, ки АК дар атрофи Офтоб бо *траекторияи гелиомаказӣ* давр занад ва шитоби бeрoҳасозии ба АК аз Замин додашавандарo ҳисоб намоем, вай ба фарқи байни шитобе, ки Замин ба АК медиҳад $0,1772 \cdot 10^{-6}$ км/с² ва шитобе, ки Замин ба Офтоб таъсир мерасонад ($0,00001781 \cdot 10^{-6}$ км/с²) баробар буда, тахминан ба $0,1772 \cdot 10^{-6}$ км/с² баробар аст. Агар инро бо шитоби аз тарафи Офтоб ба АК додашаванда ($6,051 \cdot 10^{-6}$ км/с²) муқоиса намоем, шитоби бeрoҳасозие, ки Замин ба АК медиҳад $0,1772 \cdot 10^{-6}$ км/с² буда, вай ҳамагӣ 3%-и шитоби АК ро аз рӯи траекторияи гелиомаказӣ ҳаракатдиҳандаи Офтоб ($6,051 \cdot 10^{-6}$ км/с²) буданаш маълум мешавад. Аз ин сабаб, дар чунин масофа АК дар атрофи Замин на геoмаказӣ, балки дар атрофи Офтоб бо траекторияи гелиомаказӣ ҳаракат менамояд гуфтан дурусттар аст. (Аз сабаби бениҳоят хурд будани шитоби бeрoҳасозии заминдиҳанда).

Агар чунин ҳисобу китобе траекторияро барои ҳамаи нуқтаҳое, ки берун аз хатти рости Замин-Офтоб ҷойгир шуда (дар ин ҳолат фарқи векторҳои шитоби ба АК аз Замин ва Офтоб додашавандарo мегиранд) иҷро намоем, ҳолати 1 барои ҳар як нуқта, маъқул будани ҳаракати АК ро дар атрофи Замин аз рӯи траекторияи геoмаказӣ нишон дода, ҳолати 2 дар ҳамаи нуқтаҳои дигари фазо маъқул будани ҳаракати АК аз рӯи траекторияи гелиомаказӣ, яъне ба сифати маказ Офтоб ва дар атрофи он аз рӯи траекторияи кеплерӣ давр задани АК ро нишон медиҳад. Таҳлили математикии сарҳади соҳаи нишондодашудаи ин нуқтаҳо аз он, ки ба кураи дар атрофи

Заминбуда наздик аст, ва он кура ба таври маъмулӣ дар космодинамика ба сифати кураи муайян қабул шуда, он кураи таъсири Замин номида мешавад. Радиуси кураи таъсири Замин нисбат ба Офтоб 925 000 км, радиуси кураи таъсири Моҳ нисбат ба Замин 66 000 км, радиуси муайяншудаи кураи таъсири Офтоб нисбат ба маркази галактика бошад 9×10^{12} км ≈ 1 с.р ро нишон медиҳад.

Радиуси кураи таъсири ҷисми массааш m нисбат ба ҷисми массааш M , ки масофаи байнашон a аст, аз ифодаи (ин чо $m \ll M$):

$$\rho = a \left(\frac{m}{M} \right)^{\frac{2}{5}} \text{ ёфта мешавад.}$$

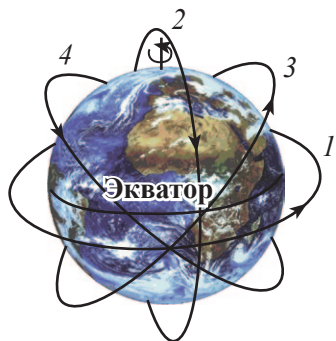
Ҳангоми бурида гузаштани сарҳади кураи таъсири ҷисм АК аз як маркази майдони ҷозибба ба дигараш мегузарад. Ҳаракати АК дар ҳар як майдони ҷозибба нисбат ба ҳамин майдонҳо мадори алоҳидаи кеплерӣ (яке аз бурришҳои конусӣ) ро ташкил медиҳад. Траекторияи ҳаракати АК дар сарҳади кураи таъсир аз рӯйи қоидаҳои муайян «пайваста» мешавад. Асли моҳияти усули тахминии ҳисоби траекторияи АК ҳам ҳамин буда, баъзан усули бо ҳам пайвастании бурришҳои конусӣ ҳам номида мешавад.

МАВЗҶҶИ 35. § 69. Элементҳои мадори радифҳои маснӯи (ҳамсафар) Замин

Ҳаракати радифи маснӯъ дар фазои атрофи Замин парвозҳои атрофи Замин гуфта мешавад. Аз нуқтаи назари механикаи осмон фазои атрофи Замин гуфта соҳае фаҳмида мешавад, ки бо кураи таъсири Замин маҳдуд буда, дар он ҳаракат танҳо дар майдони ҷозиббаи Замин мушоҳида мешавад. Дар *расми 118* мадори ҳамроҳи сунъии Замин, ки дар фазои Замин давр мезанад, тасвир шуда, дар он мувофиқан нуқтаҳои Π ва A ба нуқтаҳои перигей ва апогей рост меоянд.



Расми 118. Элементҳои мадори радифи маснӯъ.



Расми 119. РМи экваторӣ (1), кутбӣ (2), дуруст (3) ва чаппа (4).

Аз расм дида мешавад, ки ҳамвории мадори ҳамроҳи сунъии Замин бо ҳамвории экватори Замин аз рӯйи ҳагги рост, ки *хатти гиреҳҳо* номида мешавад, бо ҳам бурида мешавад.

Самти гардиши Замин нуқтаи буриши аз нимкураи чанубӣ ба нимкураи шимолӣ гузаранда буда, дар гиреҳи ғуруб баръакс мешавад. Дида мешавад, ки РМ аз болои он худудҳое парида мегузарад, ки ҳамвории мадорӣ, арзи географиаш, тамоили ҳамвории он ба экватори Замин (яъне, аз кунчи i) калон набошад. Ҳангоми ба қадри кифоя калон будани баландии РМ аз нуқтаҳое, ки $\varphi > i$ мебошанд, РМро дидан мумкин

мешавад. Элементҳои зерини мадори РМ мавҷуданд:

1) Тамоил ($i=90^\circ$) бошад, вай РМи кутбӣ (расми 119, мадори 2) номида шуда, $i=0^\circ$ бошад, РМии *экваториалӣ* (расми 119, мадори 1) номида мешавад. Агар самти ҳаракати РМ ва давргардии Замин якхела бошанд, онро ҳаракати *дуруст* (расми 119, мадори 3) ва баръакс бошанд, *чаппа* (расми 119, мадори 4) меноманд. (РМии $i > 90^\circ$ муқобили гардиши Замин ҳаракат менамояд); 2) h_a – баландии апогейи РМ; 3) h_n – баландии перигейи РМ; 4) T – даври гардиши РМ; 5) a – нимтири калони мадори РМ; 6) e – эксцентриситети мадори РМ; 7) Ω – дурии кунҷест, ки гиреҳи бардошташавиро ба сӯйи баробаршабонарӯзии баҳорӣ кашида, дарозшавии Ω ро тавсиф менамояд. РМ, ки дар болои экватор ҳамроҳи Замин дар як давр (24^h) гирд мегарданд, *ҳамроҳҳои геостатсионарӣ* ном доранд.

§ 70. Эволютсияи мадори ҳамроҳ дар атмосфераи Замин

Қувваи муқовимати атмосфераи Замин ба ҳаракати РМ бо ёрии формулаи зерин ёфта мешавад:

$$F_{\text{мук.}} = cS \frac{\rho v_{\text{нис.}}}{2},$$

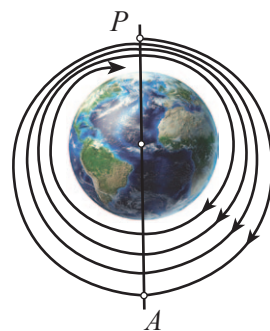
Дар ин ҷо c – коэффисиентҳои муқовимати беченак барои қабатҳои болоии атмосфера, ки бузургиашон 2–2,5 аст; S – масоҳати максимали буриши ба самти ҳаракати радиф мувофиқоянда; ρ – зичии атмосфера, $v_{\text{нис.}}$ бошад, суръати ҳамроҳро нисбат ба муҳит ифода менамояд.

Шитоби бeрoҳасoзӣ дар натиҷаи таъсири муқовимати атмосфера ба вучуд меояд, ба массаи P мутаносиби чаппа буда, ба масоҳати буриши кўндаланги он мутаносиби роста мебошад. Аз ин рӯ ба радиф, ки дарунаш қариб холӣ аст, таъсири муқовимати атмосфера ниҳоят калон мешавад. Айнан, ба туфайли ҳамин омил қисми охиринаи ракетаи боркаш, ки ба мадори поёни бароварда шудааст, аз РМ чудо ва аз сўзишворӣ холӣ мебошад, муқовимати атмосфераро, нисбат ба контейнере, ки ба он аппаратҳои илмӣ зич ҷойгиранд, «ҳис» менамояд, ақибмониашро таъмин менамояд.

Ба туфайли қувваи муқовимат бузургии шитоби бeрoҳасoзи ба ҳаракати радиф таъсирнамоянда дар баландии 200 км $2,2 \cdot 10^{-4}$ м/с², дар баландии 400 км $3,1 \cdot 10^{-6}$ м/с², дар баландии 800 км бошад, ҳамагӣ $2,6 \cdot 10^{-8}$ м/с² ро ташкил медиҳад. Бузургии чунин шитоб дар баландии 100 км бошад, калон буда, ба 30 м/с² баробар аст. Аз сабаби беҳад афзудани зичии атмосфера дар баландиҳои аз 110–120 км пастрар, РМ давргардии навбатиро ба охир расонида наметавонад. Траекторияи вай дар шакли спирали пружинаи соати дастӣ буда, ҳар дафъа ҳангоми аз перигей гузаштани РМ суръаташ ба таври ҷиддӣ кам мешавад (расми 120).

Бо диққат омўхтани чараёни тормозшавии ҳаракати радиф дар атмосфера имконияти ҳисобкунии зичии қабатҳои болоии атмосфераро дода, ин дар навбати худ ба хулосаҳои боарзиши назарӣ ва амалӣ меорад. Барои ба амал овардани мақсадҳои муайян мадори радифи маснӯро тағйир додан (тезонидан, тормозонидан, тоб додан) *манёврҳои мадорӣ* гуфта мешавад.

Дар ақсар ҳолатҳои космонавтика баъзан лозим меояд мадори радиф-ро бо ёрии ин манёврҳо тағйир диҳем. Дар параграфи оянда бо баъзеи ин ҳолатҳо шинос мешавем.



Расми 120. Ба атмосфераи Замин фаромадани радифи маснӯъ; намуди мадори фурудой.

Савол ва супоришҳо:

1. Кадом элементҳои манёври РМ ро медонед?
2. Радифи дуруст ва чаппа гуфта кадом радифҳои маснӯро мегўянд? Радифҳои кутбӣ ва экваторӣ гуфта чӣ?
3. Муқовимати атмосфераи Замин ба ҳаракати РМ чӣ тавр ёфта мешавад?
4. Кадом РМ радифҳои геостатсионарӣ гуфта мешавад?

Мавзӯи 36. 71-§. Манёврҳои мадорӣ. Тоб додани ҳамвории мадори радифи маснӯъ

Усули 1. Барои ба кунчи муайян тоб додани ҳамвории мадори радифи маснӯъ (РМ) энергияи калон сарф кардан лозим мешавад. Мисол: Талаб карда мешавад, ки РМ дар мадори даврашакл бо суръати Δv ҳаракат менамояд, дар ҳолати бетағйир монондани суръат, мадори онро ба кунчи α тоб додан талаб карда мешавад. Дар ин ҳолат бузургии импульси суръати Δv -и зарур, суръатҳои дар *расми 121* (v_0 – ибтидоӣ; $v_{\text{нат.}}$ – натиҷавии пас аз ба α тоб додани ҳамвории мадорӣ, Δv – суръати манёври иҷрошавандаро тавсиф менамояд) аз секунҷаи баробарпаҳлӯе, ки дар натиҷаи ҳосили ҷамъии векторҳо ташкил ёфтааст, аз формулаи зерин муайян мешавад:

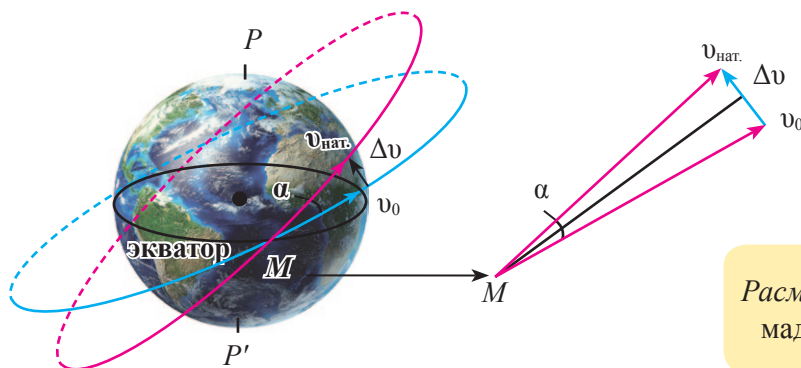
$$\frac{\Delta v}{2} = v_0 \sin \frac{\alpha}{2}, \text{ ин ҷо } \Delta v = 2 v_0 \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (1)$$

Агар ҳамвории мадори радиф дар нуқтаи M ба кунчи 90° тоб додан талаб карда шавад, дар он ҳол $\Delta v_0 = 2v_0 \sin 45^\circ$ буда

$$\Delta v = \sqrt{2} \cdot v_0 \text{ мешавад.} \quad (2)$$

Аз ин ифода маълум мешавад, ки барои ба 90° тағйир додани мадори радиф суръати бениҳоят калон – баробар бо суръати дуҷуми кайҳонӣ лозим аст ва барои мадорро ба ин кунҷ тоб додан энергияи ниҳоят калон сарф мешавад.

Усули 2. Ҳангоми ба кунчи калон тоб додани ҳамвории мадор онро бо усули дигаре, ки «тобдихӣ бо воситаи беохирӣ» номида мешавад, иҷро намоем, сӯзишвории зиёде сарф карда мешавад. Гап дар он, ки радиф аз мадо-



Расми 121. Тағйир додани мадори РМ ба кунчи α .

ри доиравии гирди Замин ба мадори параболӣ наздик бароварда шавад, азбаски суръати вай дар беохирӣ ба нол наздик аст, микдори суръате, ки барои ба кунчи зарурӣ тоб додани ҳамвории он дар беохирӣ (Δv) лозим мешавад, ҳамчунин мувофиқи формулаи (1) ба нол майл менамояд. Дар ин ҳолат барои дар беохирӣ ба кунчи α тоб додани ҳамвории мадории радиф импульси пурраи $\Delta v'$, суръати зарурӣ, аз ҳосили ҷамъи ташкилдиҳандаҳои суръатҳои зерин иборат мешавад.

$$\Delta v' = (\sqrt{2}v_0 - v_0) + \Delta v + (\sqrt{2}v_0 - v_0), \quad (3)$$

дар ин ҷо қавси якум – импульси суръати барои радифро ба мадори параболӣ гузаронидан зарурро, қавси дуюм Δv – импульси суръате, ки барои дар беохирӣ ба кунчи α тоб додан лозим шавад (аз он, ки дар ин ҷо $v_0 \approx 0$ аст Δv ҳам ба нол майл менамояд) ва ниҳоят узви дар қавсбудаи сеюм – импульсе, ки барои то ба суръати ноли ибтидоӣ фаровардани суръати параболӣ радиф пас аз баргаштан аз беохирӣ тавсиф менамояд.

Бешубҳа, барои ба кунчи хурд тоб додани мадори радиф мувофиқи формулаи (1) қимати суръат ба $2v_0 \sin \frac{\alpha}{2}$ баробар аст, дар ин ҳолат барои ба кунчи α тоб додани ҳамвории мадори радиф, бо кадом бузургӣ дар ҷойи худ тоб додан, барои муайян намудани афзалии ин усул нисбат ба «тобдиҳӣ бо ёрии беохирӣ» имкон медиҳад. Барои ин ифодаҳои (2) ва (3) ро бо ҳам баробар намуда, қимати кунчи α сарҳадиро ба осонӣ ёфтан мумкин аст:

$$(\sqrt{2}v_0 - v_0) + \Delta v + (\sqrt{2}v_0 - v_0) = 2v_0 \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (4)$$

Δv -и муодила ҳангоми дар беохирӣ ба нол майл намудан:

$$2v_0(\sqrt{2} - 1) = 2v_0 \sin \frac{\alpha}{2} \text{ мешавад,} \quad (5)$$

$$\text{ин ҷо} \quad \alpha = 48^\circ 54' \quad (6)$$

буданаш маълум мешавад. Бинобар ин дар чунин ҳолат импульсҳои суръати барои ба кунчи α тоб додани мадор *барои ҳар ду ҳолат баробар буда*, барои мадорро ба кунчи аз ин зиёд тоб додан усули «бо ёрии беохирӣ» тоб додан усули фоидаовар буда, баръакс ин кунҷро ба қимати аз $48^\circ 54'$ хурдтар тоб додан, ўро дар ҳамин ҷояш (бо ёрии формулаи (2)) тоб додан аз ҷиҳати энергетикӣ сарфанок буданаш маълум мешавад.

§ 72. Аз мадор фаровардани радифи маснӯъ

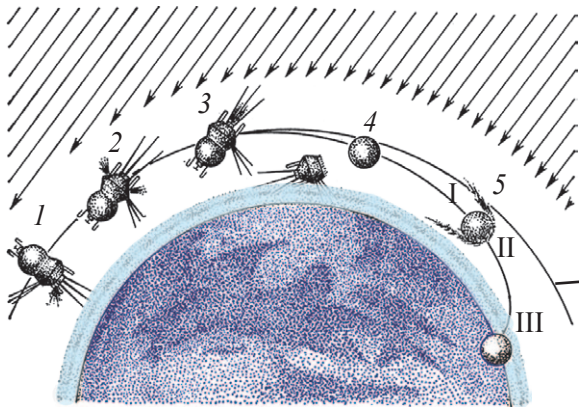
Содатарин манёврҳои мадорӣ ин фаровардани дастгоҳи кайҳонӣ ба Замин мебошад. Одатан, траекторияи ба Замин фаровардани АК ба се қисми характернок тақсим мешавад (расми 122 I, II, III).

Якумини онҳо – дар қисми пастшиавии траектория, аз мадор баромадани радиф бо кунчи ниҳоят хурд ба амал омада, ба он аз ин ҷо сар карда то ба қабатҳои ғафси атмосфера даромадан мансуб мешавад.

Ба сифати қабатҳои ғафси қисми болоии атмосфера, шартан, сатҳе гирифта мешавад, ки аз сатҳи Замин дар масофаи 100 км меҳобад.

Дуюмин қисми фурудой – қисми аз қабати ғафси атмосфераи Замин гузаштан аз ҳамин баландии 100 км сар шуда, дар он АК ва экипажи он таъсири қувваи аз қувваи кашиши Замин якчанд маротиба вазнинро ҳис менамоянд. Инчунин, дар қисми мазкур, дар натиҷаи соида шудани АК бо атмосфера тафсиши баланди корпуси киштӣ рӯй медиҳад. Ин ҳол барои корпуси киштии фурудоянда ва экипажи он хавфи калон меорад.

Дар қисми сеюми фурудой траекторияи АК ба маркази Замин саҳт тоб меҳӯрад ва охири охирон қувваи муқовимат, аз рӯйи самти ҳаракат ба проексияи қувваи кашиш баробар шуда, ба Замин озод фуруд омадани апарати фурудоиро таъмин менамояд. Одатан, барои камхарҷ ва муносиб фаромадан (импулси камтарини суръат талаб намуданаш) шароит дар камони 180° , аз нуқтаи аз мадор баромадани АК то ба қабати ғафси атмосфера даромадани он ба амал бароварда мешавад. Ин дар ҳолати ба қабати ғафси атмосфера дар кунчи тахминан 5° даромадани АК таъмин карда мешавад.



Расми 122. Ҷараёни аз мадор фаровардани РМ. 1 – 3 импулси тормоздиҳанда; 4 – аз мадори доиравӣ баромадан; 5 – тормози (бозисти) аэродинамикӣ ва бо ёрии парашют фурудой.

Ҳангоми аз мадор баромадан бошад, ба ғайр аз ташкилдихандаи транс-версали суръати ба киштии кайҳонӣ додашаванда, лозим аст, ки ба ташкилдихандаи радиалии ба сӯйи Замин равоншуда даст ёфта шавад ва, талаб карда мешавад, ки импулси он на камтар аз 150–200 м/с бошад. Ҳангоми аз қабаати ғафси атмосфера гузаштан, ба туфайли тормозшавӣ суръати киштии кайҳонӣ аз суръати якуми кайҳонӣ то ба 150–200 м/с кам шуда меравад.

Дар дастури фурудой нишон дода шудааст, ки ҳангоми нишасти ракета ба ғайр аз муқовимати атмосфера, қувваи болобарӣ он ҳам иштирок намуда, бо ёрии вай таъсир чиддан кам карда мешавад ва аз ҷиҳати аэродинамикӣ ба осон шинонидани киштӣ ба Замин муваффақ шудан мумкин аст. Агар дар фурудои киштӣ қувваи аэродинамикӣ фақат аз қувваи муқовимат иборат бошад, ин усули баллистикии фурудои киштӣ ба Замин номида мешавад. Дар ин ҳолат аз сабаби беҳад зиёд шудани таъсир ба экипаж танаи киштӣ чиддан гарм мешавад ва ба ҳаёти экипаж хавфи ҳалокат пайдо мешавад. Дар фурудои киштӣ сифати аэродинамикӣ гуфта, бузургиеро менаманд, ки бо нисбати қувваи болобардоранда ба қувваи муқовимат чен карда мешавад. Ҳар дуи ин бузургиҳо ба квадрати суръат ва зичии ҳаво вобаста буда, бо формулаҳои зерин ифода мешаванд:

$$F_{\text{зид}} = c_m \cdot S \frac{\rho v_{\text{нис.}}^2}{2}, \quad F_{\text{бард}} = c_b \cdot S \frac{\rho v_{\text{нис.}}^2}{2},$$

ин ҷо: c_m ва c_b – ҳо мувофиқан коэффисиентҳои қувваҳои муқовимат ва болобардорӣ; S – масоҳати максималии буриши кўндалангӣ; $v_{\text{нис.}}$ – суръати радиф нисбат ба муҳити атроф. Дар ин ҳолат коэффисиенти k -и сифати аэродинамикии фурудоиро тавсифдиханда аз формулаи зерин ёфта мешавад:

$$k = F_{\text{бард}} / F_{\text{зид}} = c_b / c_m.$$

Агар $c_b = 0$ бошад, фурудои киштӣ аз ҷиҳати аэродинамикӣ бесифат ё худ баллистикӣ номида мешавад. Коэффисиенти таъсир ҳангоми фурудои аэродинамикӣ ба 3–4 баробар бошад, дар шакли баллистикӣ ҳангоми фурудой 8–10 ро ташкил медиҳад. Хусусан, ба Замин фуруд овардани стансияҳои автоматикии намуди «СОЮЗ», дар баландии 9,5 км аз сатҳи Замин бо ба кор даровардани системаи парашютӣ ба амал оварда мешавад. Вақте ки ба сатҳи Замин 1 м мемонад, двигатели (муҳаррики) сӯзишвориаш саҳти қисми фурудои ракета (РДТТ) автоматикӣ ба кор даромада, ба Замин бо суръати ҳамагӣ 3–4 м/с фуруд омаданро, яъне фурудои охистаро таъмин менамояд.

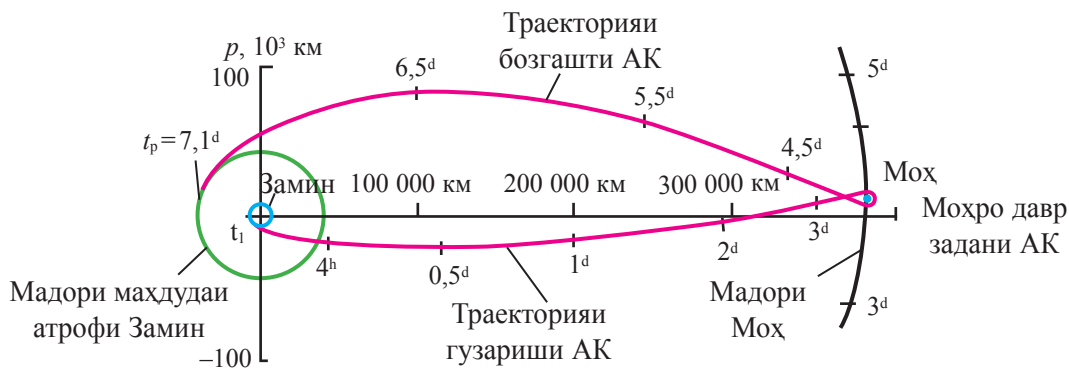
Савол ва супоришҳо:

1. Манёврҳои мадорӣ гуфта чиро мефаҳмед?
2. Тағйирдиҳии маҳаллӣ (яъне дар чояш) мадори РМ чӣ тавр иҷро карда мешавад?
3. Дар кадом ҳолатҳо тағйирдиҳии мадори радиф ба воситаи беохирӣ сарфакорона (камхарҷ) ба амал оварда мешавад?
4. Ҳангоми аз мадор фаровардани РМ аз мадор берун сохтани он чӣ тавр ба амал оварда мешавад?
5. Дар қисми дуҷуми фурудой кам кардани суръати ҳаракати РМ бо кадом роҳ ба амал оварда мешавад?
6. Дар қисми сеҷуми фурудой радиф чӣ тавр ба Замин фароварда мешавад?

МАНВҶҶИ 37. § 73. Ба Моҳ парронидани аппарати кайҳонӣ

Барои ба Моҳ парвоз кунонидани АК пеш аз ҳама АК ро ба ҳамвории мадори Моҳ, ки дар атрофи Замин меҳобад (дар баландии на камтар аз 200 км) баровардан лозим мешавад (*расми 123*). Ёдовар шуда будем, ки дар космонавтика дар байни мадорҳои гузариш (дар мисоли мо – аз мадори атрофи Замин ба мадори Моҳ гузаштан) харҷи камтарини энергия аз рӯи траекторияи нимэллипсӣ ба амал оварда мешавад.

Чунин тарзи траекторияи парвоз ба Моҳро ҳисоб мекунем: Барои ин пеш аз ҳама суръати АК, ки дар маҳдудайи мадори баландиаш 200 км дар атрофи Замин ҳаракат менамояд, нисбат ба параметри гравитатсионии Замин $K = 4 \cdot 10^5 \text{ км}^3/\text{с}^2$ ва радиуси баҳисобгирифташуда $r = R_{\oplus} + 200 \text{ км} = (6370 + 200) \text{ км} = 6570$ муайян мегардад:



Расми 123. Ба Моҳ рафта омадани АК, ки ба рӯзҳо дода шудааст.

$$v_1 = \sqrt{\frac{K_{\oplus}}{R_{\oplus} + h}} = 7,789 \text{ км/с} \approx 7,79 \text{ км/с.}$$

Суръати мадории Моҳ $v_c = 1,018$ км/с бошад ва радиуси миёнаи мадори Моҳ 384400 км, нимтири калони мадори нимэллипсие, ки траекторияи гузариши он ҳисоб шудааст, баробар ба:

$$a = \frac{r + R_{\oplus} + h}{2} = 195485 \text{ км мешавад.}$$

Дар ин ҳолат суръати дар *перигей будаи траекторияи гузариши* – гомони АК мувофиқи интегралҳои энергия кадом қиматро соҳиб мешавад, меёбем:

$$v_p = \sqrt{K_{\oplus} \left(\frac{2}{R_{\oplus} + h} - \frac{1}{a} \right)}; v_p = 10,923 \text{ км/с буданаш аниқ мешавад.}$$

Агар аз рӯи мадори нимэллипс аз сатҳи Замин ба Моҳ рафтани талаб карда шавад, барои ин ба ракета суръати ибтидоии 11,09 км/с додан лозим мешавад. Бинобар ин, барои гузаштани аз маҳдудии мадори атрофи Замин ба мадори гомон, лозим мешавад, ки ба АК суръати иловагии $\Delta v = (10,9 - 7,789)$ км/с = 3,134 км/с дода шавад.

Агар суръати апогеии траекторияи гомон аз формулаи зерин ёфта шавад:

$$\text{ба суръати } v_a = \sqrt{K_{\oplus} \left(\frac{2}{r_{\text{апог}}} - \frac{1}{a} \right)}; v_a = 0,187 \text{ км/с баробар мешавад.}$$

Аз ин дида мешавад, ки агар АК ба ягон нуқтаи мадори Моҳ бо Моҳ дар як вақт расида равад, суръати вай нисбат ба Моҳ (суръати дохилшавӣ ба кураи таъсири Моҳ) ба

$$\Delta v = v_c - v_a = (1,018 - 0,187) \text{ км/с} = 0,831 \text{ км/с баробар мешавад.}$$

Ин суръати РМ, ки ба кураи таъсири Моҳ ($r = 66\,000$ км) дохил шудааст, 831 м/с аст. Дар чунин масофа аз Моҳ бо ёрии формулаи $v = \sqrt{\frac{2K_c}{R_c + 66000}}$, дар сурати аз 383 м/с зиёд будани суръати параболӣ (новобастагӣ) дар нисбати Моҳ, РМ дар дохили кураи таъсири Моҳ маълум мешавад, ки нисбат ба вай бо траекторияи гиперболӣ ҳаракат менамояд. Дар дохили ин кура РМ ба Моҳ торафт наздик шуда, дар зери таъсири он суръатро боз ҳам зиёд ме-

намояд. РМ, ки бо чунин суръат ҳаракат менамояд, вобаста ба самти суръати ба кураи таъсир дохилшавӣ, ба Моҳ бархӯрданаши мумкин (дар ин ҳолат суръат на камтар аз 2,5 км/с машавад) ё бо суръати баланд Моҳро давр гашта, аз кураи таъсири он берун баромаданаши мумкин.

Агар зарурати ба радифи Моҳ табдил додани АК пайдо шавад, он гоҳ дар наздикии Моҳ ($h \approx 50$ км) бо ёрии ба кор даровардани двигатели (муҳаррики) борт суръатро ба 1,6–1,8 км/с фароварда, ба воситаи тормоздиҳӣ вайро ба мадори давршакл ё эллипсӣ доштан мумкин мешавад. Агар сухан дар хусуси вақти (замони) парвоз то Моҳ равад, аз *расми 123* дидан мумкин аст, ки он ба нисфи даврзании комили АК бар рӯи мадори гомон-эллиптикӣ хангоми бархӯрдан ба мадори Моҳ баробар аст. Мувофиқи қонуни Кеплер

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{\oplus}}} a^{3/2} \text{ ё}$$

тавассути қиматҳои K_{\oplus} ва π ёфта шавад:

$$T = \frac{a\sqrt{a}}{6028,92} \text{ дақ} = 9 \text{ шабонарӯз } 22 \text{ соат } 56 \text{ дақ. мешавад.}$$

Дар он ҳол вақти парвоз t , азбаски ба нисфи давр (T) баробар аст, он $t = \frac{T}{2} = 4$ шабонарӯзу 23 соату 28 дақиқаро ташкил мекунад.

МАНЗУРИ 38. § 74. Траекторияҳои парвоз ба сайёраҳо. **Ҳаракат дар дохили кураи таъсири Замин**

Ҳисоби траекторияҳои парвози АК ба сайёраҳо ба дараҷае мураккаб буда, агар ҳаракати онҳо дар атрофи Офтоб дар ҳамвории муайян доирашакл ба амал омада гуфта ҳисоб карда шавад, ҳалли масъала хеле сабук мешавад. Дарвоқеъ, ҳамаи сайёраҳои калони дар атрофи Офтоб дар ҳаракатбуда, мадорашон эллипси ба давра хеле наздик аст. Инчунин, ҳамвории мадори онҳо бо ҳамвории мадори Замин (яъне, ҳамвории эклиптика) кунҷи хеле хурд ташкил менамояд ва аз ин сабаб, фарзи мо ба ҳақиқат наздик буда, дар ҳисобҳо саҳви калон пайдо намешавад.

Агар масофа аз сайёраҳо то Офтоб бо километрҳо, суръати онҳо бо км/с ҳо ифода шавад, параметри гравитатсионии Офтоб ба $K_{\odot} = GM_{\odot} = 1,327 \cdot 10^{11}$ км³/с², лекин масофа аз Офтоб бо воҳиди астрономӣ (в.а) ифода шавад, он гоҳ параметри гравитатсионии Офтоб $K_{\odot} = 887,153$ (км² · в.а.)/с² мешавад.

Траекторияҳои парвози пасив ба сайёраҳо, одатан, дар се бахш омӯхта мешавад: 1) баландии 100 км-и аввалин: аз нуқтаи ба кордариҳои двигател (муҳаррик) то кураи таъсири Замин; 2) аз сарҳади кураи таъсири Замин то кураи таъсири сайёраи дар назар дошташуда; 3) ҳаракат дар сарҳади кураи таъсири сайёраи дар назар дошташуда. Аз ин маълум мешавад, ки дар қисми якум АК танҳо дар натиҷаи таъсири Замин, дар қисми дуюм дар таъсири қувваи ҷозибаи Офтоб, дар сеюмаш фақат дар таъсири сайёраи дар назар дошташуда ҳаракат менамояд (яъне, дар ҳар як қисм ҷараёноро ҳамчун масъалаи ду ҷисм омӯхтан) имкон медиҳад. Агар қиматҳои радиус-вектори сайёра r ва мадори нимтири калонро ба интегралҳои энергияи зерин гузорем:

$$V = \sqrt{K_{\odot} \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}, \quad (1)$$

Дар он суръати гелиосентрии траекторияи нимгузариши эллиптикии АК-ро, ки аз *рӯйи мадори гелиосентрӣ* ҳаракат мекунад, дар нуқтаи дилҳоҳ бо формулаи зерин ҳисоб кунем, дар нуқтаи дилҳоҳи радиус-вектори r эллипс суръати гелиосентрии АК аз ифодаи зерин ёфта мешавад:

$$V = 29,785 \sqrt{\frac{2}{r} - \frac{1}{a}}, \quad (2)$$

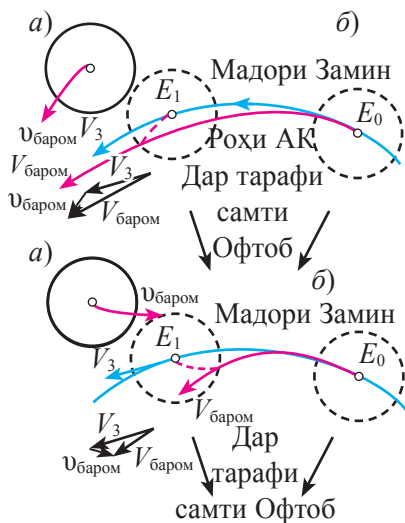
ин ҷо r ва a дар воҳидҳои астрономӣ ифода шудааст.

Ҳаракат дар доҳили кураи таъсири Замин. Дар расмҳои 124-а ва б-и боло траекторияҳои гелиосентрии Замин ва гелиосентрии АК ва ҳаракати геосентрикӣ тасвир шудааст. Ҳамчунин дар ин расм ҳаракати геосентрии АК дар доҳили кураи таъсири Замин (бо доира дар атрофи Замин тасвир шудааст) нишон дода шудааст. (расми 124, дар боло а). АК дар зери кураи таъсири Замин ҳаракат намуда, вақте ба сарҳади он мерасад, самти баромадан аз он тасвир шудааст. Айнан дар ҳамин вақт Замин аз нуқтаи E_0 мадори худ баромада, ба нуқтаи E_1 расида омадааст. Суръати геосентрии АК ҳангоми аз таъсири Замин баромадан бо $-v_{\text{баром}}$, суръати гелиосентрӣ бошад, бо $-V_{\text{баром}}$ аломатгузори шудааст.

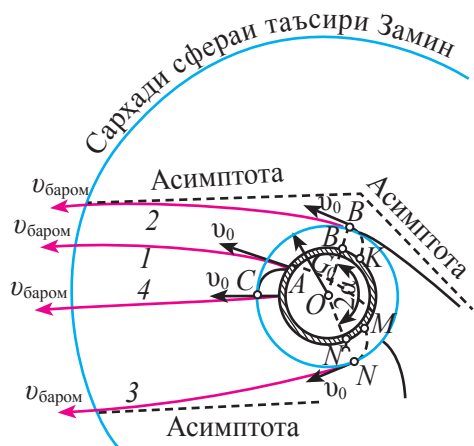
Вобастагии ин суръат бо суръати мадории Замин (гелиомаказӣ)

$$\vec{V}_{\text{баром}} = \vec{V}_{\oplus} + \vec{v}_{\text{баром}} \quad (3)$$

аз секунҷаи суръатҳои нақша намоён аст. Дар ин ҳолат АК аз қисми пеши кураи таъсири Замин баромада, аз Замин пештар гузашта меравад (расми 124, а -и боло).



Расми 124. Ҳаракати АК дар кураи таъсири Замин: а ва б (дар боло) – парвоз ба сайёраҳои беруна; а ва б (дар поён) – схемаҳои парвоз ба сайёраҳои дохилӣ; а) гелиомакразӣ; б) траекторияҳои гелиомакразӣ.



Расми 125. Траекторияҳои имконпазири АК дар сарxhadi кураи таъсири Замин барои парвоз ба сайёраҳо (дар ин ҷо 1, 2, 3 ҳо – гиперболий, 4 – траекторияи ростxатта аст).

Дар нақшаи поёнии б-и расми 124 бошад, АК аз Замин бардошта шуда, хангоми расидан ба сарxhadi кураи таъсири он, Замин аз нуктаи E_0 -и мадори худ ба нуктаи E_1 меояд, аз қафои кураи таъсир мебарояд ва аз Замин ақиб мемонад. Дар нақшаи боло АК бо нияти парвоз ба сайёраи беруна, дар нақшаи поён бошад, вай бо нияти парвоз ба яке аз сайёраҳои дохилӣ (Меркурий, Венера) раҳақӣ шудааст. Дар ин ҳолатҳо ҳам суръати муяссаршудаи АК аз секунҷаи суръатҳо ёфта мешавад:

$$\vec{V}_{баром} = \vec{V}_{\oplus} - \vec{v}_{баром} \tag{4}$$

Баробари дуршавии АК аз Замин, суръати он торафт кам шуда, хангоми ба сарxhadi кураи таъсири Замин расидан, суръати он $v_{баром}$ нисбат ба суръати ибтидоӣ (v_0) чунин ёфта мешавад (аз формулаи интегралӣ энергия):

$$v_{баром}^2 = v_0^2 - \frac{2K_{\oplus}}{r_0} \left(1 - \frac{r_0}{r_{кт3}} \right) \tag{5}$$

$$\ddot{\epsilon} \quad v_{\text{баром}}^2 = v_0^2 - v_{\text{пар}}^2 \left(1 - \frac{r_0}{r_{\text{КТЗ}}} \right), \quad (5')$$

инчо $r_0 = R_{\odot}$ Радиуси Замин. $r_{\text{КТЗ}}$ – Радиуси кураи таъсири Замин.
 $r_{\text{КТЗ}} \gg R_{\odot}$ аст, бинобарин ифодаи болоиро ба таври зерин навиштан мумкин:

$$v_{\text{баром}}^2 = v_0^2 - v_{\text{пар}}^2 \quad \ddot{\epsilon} \quad v_{\text{баром}}^2 = v_0^2 - \frac{2K_{\odot}}{R_{\odot}}. \quad (6)$$

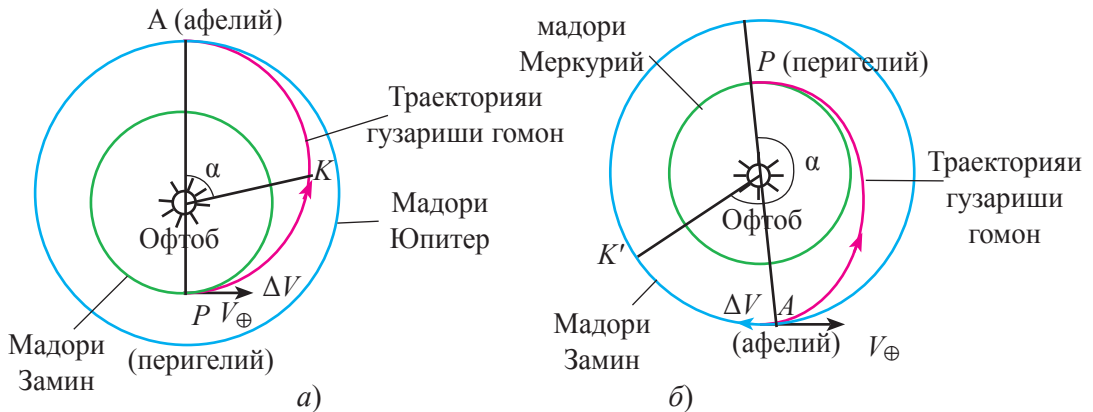
Аз ин формула дида мешавад, ки дар дохили кураи таъсири Замин $v_0 > v_{\text{пар}}$ аст (чунки $v_0 > v_{\text{пар}}$ набошад, ракета Заминро партофта рафтан наметавонад) дар дохили кураи таъсир траекторияи АК-ро гиперболӣ гуфта мегирем. Дар ин ҳолат барои АК ии ба ягон сайёраи муайян роҳгирифта аз кадом нуқтаи кураи таъсир баромаданаш он қадар муҳим набуда, дар кадом самт ва бо кадом суръат баромаданаш муҳим мебошад. Аз нақшаи овардашуда ба осонӣ аён мешавад, ки (*расми 125*) чунин парвоз ба сайёраҳо бо самт ва суръати муайяни гиперболӣ беҳад бисёр мебошад. Ба ғайр аз ин дар парвоз ба сайёраҳо аз нақша мавҷуд будани як траекторияи ростхатта ва дигарҳояш траекторияҳои нисбат ба Замин гиперболӣ маълум мешавад.

Савол ва супоришҳо:

1. Ҳангоми парвоз ба сайёраҳо траекторияи пассив (нофаъл) ба кадом қисмҳо чудо карда омӯхта мешавад?
2. Траекторияи ҳаракати АК дар кураи таъсири Замин гелиомаказӣ ва геомаказӣ буда, намудашон чӣ гуна фарқ мекунад, онро дар нақша тасвир намоед.
3. Суръати АК ҳои байнисайёравӣ дар дохили кураи таъсири Замин нисбат ба суръати дуҷоми кайҳонӣ қалон аст ё хурд?
4. Ҳангоми парвоз ба сайёраҳои беруна шакли траекторияи гелиомаказии камхарҷтарин аз рӯи кадом хатти қач ба амал меояд?

МАВЗЌИ 39. § 75. Парвозҳо аз рӯи мадорҳои гомон

Фараз кунем, ки мадори сайёраҳо бо доира, ҳамвории мадори онҳо бошад, бо ҳамвории эклиптика болои ҳам меафтад. Траекторияи ба сайёраи дилхоҳ стансияи байнисайёравии автоматикиро баранда ҳам, чуноне ёдоварӣ шуд, *мадори гузарии* номида мешавад. Ин мадорҳо гомонҳо ё мадорҳои



Расми 126. а) – ба сайёраҳои беруна аз рӯи мадори гомон парвоз кардан;
 б) – ба сайёраҳои дохилӣ аз рӯи мадори гомон парвоз кардан.

нимэллиптикӣ буда, хангоми ба сайёраҳои беруна парвоз кардани АК дар қиматҳои аниқи суръати ибтидоии он, афелии мадори нимэллиптикии гузариши сайёраи беруна (расми 126 а), хангоми парвоз ба сайёраҳои дохилӣ бошад, перигелии мадори нимэллиптикии гузариш ба мадори сайёраи дохилӣ (расми 126 б) дар ин парвозҳо аз ҷиҳати энергетикӣ мадорҳои аз ҷама қулай ҳисобида мешаванд.

Агар хангоми парвоз ба сайёраҳои беруна импульси иловагии суръати дар нуқтаи P мадори Замин додашуда бо самти ҳаракати Замин як хел буда, суръати баромади гелиосентрии $AK - v_{\text{баром}} > v_{\oplus}$ бошад, он яке аз сайёраҳои берунаро ба нишон мегирад. Агар рафту импульси иловагии суръати дар нуқтаи P мадори Замин додашуда бо самти ҳаракати Замин муқобил бошад, он гоҳ АК яке аз сайёраҳои дохилӣро ба нишон мегирад ва суръати гелиосентрии он аз Замин кам мешавад. Суръати баромади $AK (v_{\text{баром}})$ хангоми баромадан аз қураи таъсири Замин, ки барои паридан ба ягон сайёраи маълуми беруна лозим аст, бо суръати ибтидоӣ аз сатҳи Замин (v_0) вобаста аст ва хангоми $R_{\oplus} \ll r_{\text{к.т.}}$ будан, қимати ҳосилшудаи v_0 аз рӯи ифодаи:

$$v_0^2 = \sqrt{v_{\text{баром}}^2 + v_{\text{озод}}^2} \quad (1)$$

ҳаракати АК-ро аз рӯи мадори гузариши гелиосентрии қобили илҳоқ ба мадори Замин ва сайёраи мавриди назар таъмин мекунад.

Ин навъ мадор *мадори гомон* ё *мадори нимэллиптикӣ* номида мешавад. Чуноне аз тасвир маълум мешавад, суръатҳои геосентрӣ ва гелиосентрии аз таъсири Замин барояндаи мадори гомон $v_{\text{баром}}$ ва $V_{\text{баром}}$ ба як самт соҳиб буда, онҳо дар таносуби зерин мешаванд:

$$\text{Барои сайёраҳои беруна} \quad v_{\text{баром}} = V_{\text{баром}} - V_{\oplus}; \quad (2)$$

$$\text{Барои сайёраҳои дохилӣ} \quad v_{\text{баром}} = V_{\oplus} - V_{\text{баром}} \quad (3)$$

ё дар намуни умумии вектор

$$\vec{v}_{\text{баром}} = \vec{V}_{\text{баром}} - \vec{V}_{\oplus} \quad (4)$$

мешавад, ин қимати суръати $V_{\text{баром}}$ дар муодила бударо мувофиқи интегралҳои энергия бо ифодаи:

$$V_{\text{баром}} = \sqrt{K_{\odot} \left(\frac{2}{R_{\oplus\text{сай}}} - \frac{1}{a} \right)} \quad (5)$$

ҳисоб кардан мумкин буда, ин ҷо K_{\odot} – параметри гравитатсионии Офтобро, a нимтири калони мадори гомонро (мадори нимэллиптикиро) ифода карда, аз ин

$$a = \frac{R_{\oplus\text{сай}} + R_{\text{м.сай}}}{2} \quad (6)$$

мешавад.

Қимати a ро ба (5) монда, ба нисбати $V_{\text{баром}}$ ба баробарии зерин соҳиб мешавем:

$$V_{\text{баром}} = \sqrt{\frac{2K_{\odot}}{R_{\oplus\text{сай}}}} \cdot \sqrt{\frac{R_{\text{м.сай}}}{R_{\oplus\text{сай}}(R_{\oplus\text{сай}} + R_{\text{м.сай}})}}, \quad (7)$$

ин ҷо

$$\sqrt{2K_{\odot} / R_{\oplus\text{сай}}} = \sqrt{2}V_{\oplus} = 42,122 \text{ км/с аст.} \quad (8)$$

Радиусҳои мадорҳои сайёраҳоро дар воҳидҳои астрономӣ ифода кунем $V_{\text{баром}}$:

$$V_{\text{баром}} = 42,122 \sqrt{\frac{R_{\text{м.сай}}}{1 + R_{\text{м.сай}}}} \quad (9)$$

мешавад. Агар вақти парвоз аз рӯйи гомонро ҳисоб карданӣ бошем, мадори нимэллипсо ба эллипс пур карда, душвор нест фаҳмида шавад, ки ба ними даври гардиши АК аз рӯйи ин эллипс баробар аст. Бинобарин ба:

$$t_{\text{гом}} = \frac{T}{2} = \frac{\pi}{\sqrt{K_{\odot}}} \sqrt{\left(\frac{R_{\oplus\text{сай}} + R_{\text{м.сай}}}{2}\right)^3} \text{ баробар мешавад.} \quad (10)$$

Масофаро дар в.а, вақтро дар соли ситоравӣ ифода кунем, барои даври пурра дар атрофи Офтоб давр задани Замин аз ифодаи

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{\odot}}} \sqrt{a^3} \quad (11)$$

истифода барем, дар он ҳол

$$1 = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{\odot}}} \cdot \sqrt{1^3} \quad \text{ё} \quad \sqrt{K_{\odot}} = 2\pi \quad (12)$$

буданаширо аниқ мекунем. Барои ҳамин вақти барои ба сайёраи маълум аз рӯйи мадори гомон паридан аз ин ифода

$$t_{\text{гом}} = \frac{\sqrt{2}}{8} \sqrt{(1 + R_{\text{м.сай}})^3} = 0,177 \sqrt{(1 + R_{\text{м.сай}})^3} \quad (13)$$

аниқ карда шуда, он дар соли ситоравӣ мебарояд. Ин ҷо $R_{\text{м.сай}}$ – ро дар в.а. ифода карда, соли ситоравиро дар шабонарӯзи Офтоб ифода кунем (1с.с. = 365,256236 шабонарӯзи миёнаи Офтоб) вақти парвоз ба:

$$t_{\text{гом}} = 64,569 \sqrt{(1 + R_{\text{м.сай}})^3} \text{ шабонарӯз баробар мешавад.} \quad (14)$$

Аз сабаби ба 180° баробар будани дарозии кунҷи то нуқтаи P ва A барои мадори гомон ҳангоми старт ракета кунҷи байни Офтобу Замин ва ситораи нишонгирифта кунҷи конфигуратсия ψ ном бурда шуда, он аз:

$$\psi = 180^\circ - \alpha \text{ ёфта мешавад.} \quad (15)$$

Ин ҷо α – камони гузаштанаш зарурбудаи то дар нуқтаи A вохӯрдани АК ва мадори ситораи нишонгирифта буда, онро $\omega_{\text{сай}}$ – сайёраи берунаи бо суръати секунҷаи шабонарӯзӣ парвоз карда истода дар вақти $t_{\text{гом}}$ мегузарад, яъне $\alpha = \omega \cdot t_{\text{гом}}$. Аз рӯйи ин камони ёфташудаи сайёраи беруна ба камони \overline{AK} дар расми 126-а овардашуда баробар мешавад. Ҳангоми старт дар парвоз ба сайёраи дохилӣ он дар нуқтаи K' мадори худ буда, аз сабаби кунҷи α аз 180° калон буданаш ψ манфӣ мешавад. Дар ин ҷо кунҷи ψ аз ҳолати конфигуратсияи ибтидоии сайёраи дохилӣ (яъне ҳангоми старт) t_0 ва вақти сарфшуда (t) ҳангоми «дунболгирӣ» аз Замин то моменти чудошавии хатти Замин-Офтоб

(яъне дар радифшавии поёнӣ) ё хангоми «дунболғирӣ» аз сайёраи берунаи Замин то моменти дар хатти Офтоб-сайёра будан (яъне ба таври муқобил истодан) аз ифодаи зерин ёфта мешавад:

$$\tau = \frac{\Psi}{\omega_{\oplus} - \omega_{\text{сай}}} , \quad (16)$$

инҷо ω_{\oplus} ва $\omega_{\text{сай}}$, суръатҳои кунҷии Замин ва сайёра аст. Даври бозгашти моменти ибтидоии конфигуратсияи сайёраи дилхоҳ ба даври синодии сайёра баробар буда, аз ифодаи зерин ёфта мешавад:

$$P_{\text{син}} = P_{\text{сай}} \cdot P_{\oplus} / |P_{\text{сай}} - P_{\oplus}| \quad (17)$$

МАВЗЎИ 40. § 76. Ҳаракати аппарати кайҳонӣ дар доираи таъсири сайёраи нишонғирифта

Ба сайёраи дилхоҳ рафта, барои ҳисоби траекторияи ҳаракати АК дар дохили кураи таъсири он пеш аз ҳама, суръати гелиосентрии АК, ки аз рӯйи траекторияи гомон зери таъсири сайёраи нишонғирифта ҳаракат мекунад, ($V_{\text{даро}}$) ёфтан зарур мешавад. Барои ин ба сифати суръати гелиосентрии ба таъсири сайёраи нишонғирифта дароянда суръати ба сайёраи нишонғирифта наздикшавии АК ғирифта мешавад. Дар ҳоли дар сайёраҳои беруна (Марс, Юпитер, Сатурн ва дигарҳо) суръати наздикшавии АК аз суръати мадории ин сайёраҳо хурд буданаш, дар сайёраҳои дохилӣ (Меркурий, Венера) суръати наздикшавии АК аз суръати мадории ин сайёраҳо калон мешавад. Барои ҳамин ҳам АК ба кураи таъсири сайёраҳои беруна аз тарафи пеш, ба кураи таъсири сайёраҳои дохилӣ аз тарафи ақиб даромада меравад. Бо сабаби нисбат ба андозаҳои мадори гузариш хурд будани кураи таъсири сайёраҳо, суръатҳои ба кураи таъсири сайёраҳо даромадани АК ($V_{\text{даро}}$), гуфтан мумкин аст, ки бо самти суръати мадори сайёра қариб дар як хат мехобад. Дар ин ҳол байни суръати даромади планетосентрик $v_{\text{даро}}$, даромадани гелиосентрии сайёра $V_{\text{даро}}$ ва мадори сайёраи нишонғирифта $V_{\text{сай}}$ муносибати зерин ҳосил мешавад. Барои сайёраҳои беруна

$$v_{\text{даро}} = V_{\text{сай}} - V_{\text{даро}} , \quad (1)$$

барои сайёраҳои дохилӣ бошад (ин ҷо $v_{\text{даро}}$, $V_{\text{даро}}$ ва $V_{\text{сай}}$ суръатҳо параллел)

$$v_{\text{даро}} = V_{\text{даро}} - V_{\text{сай}} \quad (2)$$

мешавад. Дар ҳолати умумӣ барои ин бузургиҳо муносибати зерини векторӣ мувофиқ мешавад:

$$\vec{v}_{\text{даро}} = \vec{V}_{\text{даро}} - \vec{V}_{\text{сай}}. \quad (3)$$

Суръати даромадани планетосентрӣ $v_{\text{даро}}$, барои ин сайёра аз суръати параболӣ калон буда, барои ҳамин он ба тарафи сайёра афтада истода, дар роҳаш бо он вонахӯрад, баъди вақти муайян аз кураи таъсири он, бо суръати ба суръати даромадан баробар баромада меравад. Масофаи байни давоми вектори суръати ба кураи таъсир даромадаи АК ва хатти ростии аз маркази планета ба ин вектор параллел гузаронидашуда дар космонавтика *масофаи нишонӣ* $d_{\text{ниш}}$ номида шуда, бузургии он аз формулаи зерин ёфта мешавад, ки дар он вобаста ба калон ё хурд будани радиуси эффективӣ – $r_{\text{эф}}$ дар дохили кураи таъсири АК масофаи нисбии траектория нисбат ба сайёра аниқ мегардад.

$$r_{\text{эф}}^2 = R_{\text{пл}} \left(\frac{2K_{\text{сай}}}{v_{\text{даро}}^2} + R_{\text{сай}} \right) \quad (4)$$

Ёфташаванда аз радиуси эффективӣ хурд бошад, АК албатта ба сатҳи сайёра рафта мезанад. Агар аз $r_{\text{эф}}$ калон бошад, бо роҳи бозистонидани суръати он АК то сатҳи сайёра тормоз карда рафта, то суръати мувофиқ ба баландии ин ҷой аз сатҳи сайёра h тибқи ифодаи зерин

$$v = K_{\text{сай}} / R_{\text{сай}} + h \quad (5)$$

суръат кам карда шавад, АК ба радифи маснӯи сайёраи нишонгирифташуда табдил меёбад ва агар зарур шавад, ба сатҳи он фуруд меояд.

Савол ва супоришҳо:

1. Суръати баромади дар кураи таъсир ёфтаи АК, ки аз Замин ба сайёраи берун парвоз мекунад, нисбат ба суръати ибтидоии парвоз аз Замин чӣ тавр ёфта мешавад?
2. Бузургиҳои суръати гелиосентрикии АК-и аз кураи таъсири Замин баромада истода ва суръати гелиосентрикии АК-и ба кураи таъсири сайёраи нишонгирифта даромадаистода чӣ тавр ёфта мешавад?
3. Суръати ибтидоии АК, ки аз Замин ба сайёраҳо парвоз мекунад, аз суръати дуҷуми кайҳонии он нисбати Замин калон мешавад ё хурд?

Доимиҳо астрономӣ

Радиуси экватории Замин	6378,16 км
Радиуси қутбии Замин	6356,78 км
Радиуси кураи ба ҳаҷми Замин баробар	6371,03 км
Тӯлонияти шабонарӯзии ситора	23 ^h 56 ^m 4 ^s ,091 вақти мутавассити Офтоб
Тӯлонияти шабонарӯзии миёнаи Офтоб	24 ^h 03 ^m 56 ^s ,555 вақти ситораи
Дарозии сол (бо вақти миёна):	Соли тропикӣ 365 ^d ,2422 = 365 ^d 5 ^h 48 ^m 46 ^s
	Соли ситораи 365 ^d ,2564 = 365 ^d 6 ^h 9 ^m 10 ^s
Дарозии моҳ (бо вақти миёна):	Моҳи синодӣ 29 ^d ,5306 = 29 ^d 12 ^h 44 ^m 3 ^s
	Моҳи ситораи 27 ^d ,3217 = 27 ^d 7 ^h 43 ^m 12 ^s
	Моҳи аждаҳо 7 ^d ,2122 = 27 ^d 5 ^h 5 ^m 36 ^s

Маълумот дар бораи Офтоб

Параллакси Офтоб	8,794"
Масофаи миёна аз Замин то Офтоб	149 600 000 км
Диаметр	$D_{\odot} = 109,12 D_{\oplus} = 1391016$ км
Масоҳат	$S_{\odot} = 11930 S_{\oplus} = 608,7 \cdot 10^{10}$ км ²
Ҳаҷм	$V_{\odot} = 1303800 V_{\oplus} = 1,412 \cdot 10^{33}$ см ³ = = 1,4 · 10 ¹⁸ км ³
Масса	$M_{\odot} = 332958 M_{\oplus} = 1,99 \cdot 10^{30}$ кг
Зичии миёна	$\rho_{\odot} = 0,255$ $\rho_{\oplus} = 1,410$ г/см ³
Шитоби афтиши озод дар сатҳи Офтоб	$G_{\odot} = 2,738 \cdot 10^4$ см/с ²
Суръати параболӣ(критикӣ) дар сатҳи Офтоб	$v_{\text{пар}} = 617,7$ км/с
Суръати гардиши синодии нуқта дар экватори Офтоб	$T_{\text{син}} = 27^{\text{d}},275$
Майли экватори Офтоб ба эклиптика	7° 15' 00"
Қимати миёнаи доимии Офтоб	$W = 1,388 \cdot 10^6$ эрг/с см ²
Энергияи умумии нурафканӣ дар воҳиди вақт	3,88 · 10 ³³ эрг/с
Апекси ҳаракати Офтоб	$\alpha = 18^{\text{h}}00^{\text{m}}$, $\delta = +30^{\circ}$
Даври гардиши Офтоб дар атрофи маркази Галактика	240 км/с

Даври гардиши Офтоб дар атрофи маркази Галактика	$T=200$ млн. сол
Кутри кунчи зоҳирии калонтарини Офтоб	$32'35'',78$
Кутри кунчи зоҳирии хурдтарини Офтоб	$31'31'',34$

Маълумотҳо дар бораи Замин

Масса	$6 \cdot 10^{24}$ кг
Радиуси экваториалӣ	6378,160 км
Суръати кунҷии даврзании Замин	$15'',041 \text{ s}^{-1}$
Суръати ҳаттии нуқтаи экваторӣ	465,119 м/с
Суръати ҳаттии нуқтаи дар Замин будаи арзи географии φ дошта	$465,119 \cos \varphi$ м/с
Суръати калонтарин дар мадор (дар перигелий)	30,27 км/с
Суръати хурдтарин дар мадор (дар афелий)	29,27 км/с
Суръатёбии Замин ба сӯи Офтоб	$0,59 \text{ см/с}^2$
Шитоби афтиши озод дар Замин	$980,665 \text{ см/с}^2$
Даври дар атрофи меҳвари эклиптика даврзании меҳвари Замин (ба туфайли ҳодисаи претсессия)	25725 сол
Координатаҳои кутби геомагнитии шимолӣ	$\varphi = 78^\circ,6; \lambda = 70^\circ,1$
Бузургии қувватёбӣ дар кутбҳои геомагнитӣ	0,63E

Маълумотҳо дар бораи Моҳ

Параллакси миёнаи шабонарӯзии уфуқии Моҳ	$57'2'',61$
Масофаи миёна то Замин	384467 км
Диаметри кунҷи калонтарини зоҳирӣ	$33'32''$
Диаметри кунҷи хурдтарини зоҳирӣ	$29'20''$
Диаметр	$3476 \text{ км} = 0,27234 d_{\oplus}$
Ҳаҷм	$2195,3 \cdot 10^7 \text{ км}^3 = 0,020266 V_{\oplus}$
Масоҳат	$3,791 \cdot 10^7 \text{ км}^2 = 0,0743 S_{\oplus}$
Масса	$7,35 \cdot 10^{22} \text{ кг} = 0,012300 m_{\oplus}$
Зичии миёна	$3,350 \text{ г/см}^3 = 0,607 \rho_{\oplus}$

Шитоби афтиши озод дар сатҳи Моҳ	1,623 м/с ²
Суръати критикӣ (суръати 2- кайҳонӣ)	2,38 км/с
Майли ҳамвории мадори Моҳ ба эклиптика (кунчи моилӣ аз 6°31' то 6°51' тағйир меёбад)	6°40',7
Қисми аз Замин нонамоёни сатҳи Моҳ	0,410
Суръати миёнаи зоҳири кунҷӣ	12°,15
Суръати миёна аз рӯи мадор	1,023 км/с
Суръати аз таъсири Замин гирифта	0,272 см/с ²
Даври сидерии ба даври гардиши Моҳ баробар	27,32 шабонарӯз
Даври синодӣ (даври гардиши пурра дар нисбати Оғтоб)	29,53 шабонарӯз
Ҳарорат дар Моҳ дар нисфирӯзӣ	+120 °С
Ҳарорат дар Моҳ дар нисфишабӣ	-150 °С

Маълумотҳо оид ба сайёраҳо

Сайёраҳо	Радиуси экваториалӣ (км)	Масофаи миёна то Оғтоб (млн км)	Масса		Даври гардиш дар ағрофи меҳвари худ	Суръати критикӣ дар сатҳи сайёра (км/с)	Даври гардиш дар ағрофи Оғтоб	Суръати мадорӣ (км/с)
			m_{\oplus}	10^{24} кг				
Меркурий	2439	57,91	0,055	0,330	58 ^d ,65	4,3	87 ^d ,97	48,0
Венера	6052	108,81	0,816	4,872	243 ^d ,16	10,4	224 ^d ,7	35,0
Замин	6378	149,60	1,000	6	23 ^h 56 ^m 04 ^s	11,2	365 ^d ,26	30,0
Марс	3396	227,94	0,107	0,639	24 ^h 37 ^m 23 ^s	5,0	686 ^d ,98	24,1
Юпитер	71492	778,5	317,84	1900	9 ^h 50 ^m	59,5	4332 ^d ,59	13,1
Сатурн	60268	1427	95,17	568	10 ^h 14 ^m	36,2	107759 ^d ,21	9,6
Уран	25559	2875,03	14,59	87	-17 ^h 42 ^m	21,3	30685 ^d	6,8
Нептун	24764	4554,4	17,25	103	15 ^h 57 ^m	23,5	60188 ^d	5,5

МУНДАРИЧА

МУҚАДДИМА.....	3
МАВЗЎИ 1. § 1. Астрономия чиро меомӯзад? Таърихи инкишоф ва алоқаи он бо фанҳои дигар.....	3

ҚИСМИ I

БОБИ I . АСОСҲОИ АСТРОНОМИЯИ АМАЛӢ

МАВЗЎИ 2. § 2. Ҳаракати шабонарӯзии ҷисмҳои мунир. Бурҷи ситораҳо.....	6
§ 3. Далелҳои дар атрофи меҳвари худ давр задани Замин **. Раққосаки Фуко	7
§ 4. Кураи осмон, нуқтаҳо, давраҳо ва хатҳои асосии кураи осмон.....	8
§ 5. Ҳаракати зоҳирии солонаи Офтоб. Эклиптика.....	10
МАВЗЎИ 3. § 6. Координатаҳои осмон.....	11
§ 7. Ҳаритаи ситораҳо.....	13
§ 8. Қадри зоҳирии ситораҳо **.....	14
МАВЗЎИ 4. § 9. Баландии қутби олам ва муносибати байни арзи географии маҳал.....	15
§ 10. Дар арзҳои гуногун даврзании зоҳирии шабонарӯзии кураи осмон.....	16
§ 11. Кулминатсияи (киёми) ҷирмҳои мунир ва баландии кулминатсия.....	19
§ 12. Дар асоси мушоҳидаҳои астрономӣ аниқ кардани арзи тахминии маҳал **.....	20
МАВЗЎИ 5. § 13. Асосҳои чен кардани вақт *.....	21
§ 14. Тақвимҳо.....	23
МАВЗЎИ 6. § 15. Ҳаракат, фаза ва даврҳои Моҳ.....	25
§ 16. Тақвимҳои ҳичриӣ қамарӣ ва шамсии мусулмонҳо *.....	27
§ 17. Гирифтҳои Офтоб ва Моҳ.....	29

БОБИ II. СОҲТИ СИСТЕМАИ ОФТОБ ВА ҲАРАКАТИ ҶИСМҲОИ ОСМОНӢ

МАВЗЎИ 7. § 18. Соҳти Системаи офтобӣ.....	31
§ 19. Андоза ва таркиби манзумаи офтобӣ.....	34
§ 20. Конфигуратсияи сайёраҳо ва шартҳои намудорӣ онҳо *.....	35
§ 21. Даврҳои гардиши сайёраҳо дар атрофи Офтоб *.....	37
МАВЗЎИ 8. § 22. Параллакси шабонарӯзӣ ва шабонарӯзӣ-уфуқӣ. Муайян кардани масофа то ҷисмҳои Системаи офтобӣ.....	38
§ 23. Муайян кардани радиуси ҷисмҳои Системаи офтобӣ **.....	39
МАВЗЎИ 9. § 24. Воҳидҳои ченаки дарозӣ дар астрономия.....	41
§ 25. Қонунҳои Кеплер.....	41

§ 26. Ҳисобкунии массаи ҷисмҳои осмон *	43
МАЗВҶИ 10. § 27. Масъалаи ду ҷисм. Суръатҳои кайҳонӣ	45

БОБИ Ш. АСТРОФИЗИКА ВА МЕТОДҲОИ ТАДҚИҚОТИИ ОН

МАЗВҶИ 11. § 28. Омӯзиши осмон дар нурҳои мавҷи электромагнитӣ – асоси астрономияи фароҳмавҷ	47
§ 29. Телескопҳои оптикӣ	48
§ 30. Бузургҳои асосии тавсифии телескопҳо **	51
§ 31. Мафҳум дар бораи радиотелескопҳо	53
§ 32. «Телескопи асосӣ»-и расадхонаи Улуғбек	55
МАЗВҶИ 12. § 33. Қонунҳои афканишот ва омӯзиши табиати физикии ҷисмҳои осмон бо усулҳои спектралӣ	56

БОБИ IV. ТАБИАТИ ФИЗИКИИ ҶИСМҲОИ СИСТЕМАИ ОҶТОБӢ

МАЗВҶИ 13. § 34. ОҶтоб – ситораи наздиктарин. Маълумоти умумӣ дар бораи ОҶтоб	59
§ 35. Фотосфераи ОҶтоб ва сохторҳои он. Доғҳои ОҶтоб	61
МАЗВҶИ 14. § 36. Хромосфераи ОҶтоб ва тоҷи он	64
§ 37. Манбаи энергияи ОҶтоб *	66
§ 38. Фаъолияти ОҶтоб ва таъсири вай ба Замин *	68
МАЗВҶИ 15. § 39. Сайёраҳои мушобеҳи Замин. Меркурий (Уторид) ва Венера (Зухра)	71
§ 40. Замин ва радиои маснуи он Моҳ, Марс (Миррих)	73
МАЗВҶИ 16. § 41. Сайёраҳои азимҷусса, радииф ва ҳалқаҳои онҳо	81
МАЗВҶИ 17. § 42. Астероидҳо ва сайёраҳои хурд	89
МАЗВҶИ 18. § 43. Кометаҳо («ситораҳои думдор»)	92
§ 44. Метеорҳо («ситораҳои паррон») ва метеоритҳо	95
МАЗВҶИ 19. § 45. Назарияҳои муосир оид ба пайдоиши Системаи оҶтобӣ	99

БОБИ V. СИТОРАҶО

МАЗВҶИ 20. § 46. Параллакси солони ва аниқ қардани масофа то ситораҳо	102
§ 47. Аниқ қардани андоза ва параметрҳои ситораҳо *	103
§ 48. Ранг ва ҳарорати ситораҳо	105
МАЗВҶИ 21. § 49. Қадри мутлақи ситораҳо ва алоқамандии он бо равшании онҳо *	106
§ 50. Спектр ва синфҳои спектрии ситораҳо	108
§ 51. Диаграммаи спектрӣ-равшанӣ	109

МАЗВЎИ 22. § 52. Қўшаситораҳои физикӣ ва навъҳои он.....	111
§ 53. Ҳисобкунии массаи ситораҳо **.....	113
МАЗВЎИ 23. § 54. Ситораҳои тағйирёбандаи физикӣ: сефеидҳо, ситораҳои нав ва навтарин.....	115
МАЗВЎИ 24. § 55. Таҳаввулоти ситораҳо. Ситораҳои нейтронӣ ва «фурӯбурдҳои сиёҳ» *	118

БОБИ VI. СОХТ ВА ТАҲАВВУЛОТИ КАЙҲОН

МАЗВЎИ 25. § 56. Сохт, таркиб ва даврзании галактикаамон	121
§ 57. Маҷмӯи ситораҳои манзума ва мансура **.....	122
МАЗВЎИ 26. § 58. Туманоти диффузӣ ва чангӣ	124
МАЗВЎИ 27. § 59. Галактикаҳои беруна. Синф ва спектрҳои галактикаамон	126
§ 60. Радиогалактикаҳо ва квазарҳо *	129
МАЗВЎИ 28. § 61. Васеъшавии Кайҳон. Қонуни Ҳаббл *	130
МАЗВЎИ 29. § 62. Тақсимшавии Галактикаҳо дар Кайҳон **	132

ҚИСМИ II

ЭЛЕМЕНТҲОИ КАЙҲОННАВАРДӢ **

МАЗВЎИ 29. § 63. Предмети кайҳоннавардӣ ва алоқаи он бо фанҳои дигар	134
МАЗВЎИ 31. § 64. Қонунҳои ҳаракати ракета. Қувваи кашиши ракета	138
МАЗВЎИ 32. § 65. Сохтори ракета ва тавсифномаи конструктивии он.....	141
§ 66. Қувваҳои таъсиркунанда ба аппаратҳои кайҳонӣ ҳангоми парвоз.....	142
МАЗВЎИ 33. § 67. Мадорҳои ҷисми дар маркази майдони ҷозиба ҳаракаткунанда	144
МАЗВЎИ 34. § 68. Ҳисобкунии тахминии доираи таъсир ва траекторияи аппаратҳои кайҳонӣ	148
МАЗВЎИ 35. § 69. Элементҳои мадори радиҳои маснӯи Замин	151
§ 70. Эволютсияи мадори ҳамроҳ дар атмосфераи Замин.....	152
МАЗВЎИ 36. § 71. Манёврҳои мадорӣ. Тоб додани ҳамвории мадори радиҳои маснӯъ.....	154
§ 72. Аз мадор фаровардани радиҳои маснӯъ	156
МАЗВЎИ 37. § 73. Ба Моҳ парронидани аппаратҳои кайҳонӣ.....	158
МАЗВЎИ 38. § 74. Траекторияҳои парвоз ба сайёраҳо. Ҳаракат дар дохили кураи таъсири Замин	160
МАЗВЎИ 39. § 75. Парвозҳо аз рӯи мадорҳои гомон.....	163
МАЗВЎИ 40. § 76. Ҳаракати аппаратҳои кайҳонӣ дар доираи таъсири сайёраи нишонгирифта.....	167
Иловаҳо	169

О‘quv nashri

Mamadazimov Mamadmusa

ASTRONOMIYA

(Tojik tilida)

O‘rta ta’lim muassasalarining 11-sinf o‘quvchilari uchun darslik

1-nashri

«DAVR NASHRIYOTI» MCHJ

100011, Toshkent shahri, A. Navoiy ko‘chasi, 30-uy.

Тарчумон	<i>А. Абдуқодиров</i>
Муҳаррир	<i>Ю. Нурназаров</i>
Рассом-дизайнер	<i>Е. Белятская</i>
Мусахҳех	<i>Ю. Нурназаров</i>
Саҳҳоф	<i>Е. Белятская</i>
Хуруфчин	<i>С. Ниёзова</i>

Рақами литсензия АІ № 308

Ба нашр рухсат дода шуд 30.07.2018. Андозаи қоғаз 70×90^{1/16}.
Усули наشري офсетӣ. Гарнитурани «Times New Roman». 12,87 ч.ч. шартӣ. 3,2 ҷузъи наشري.
Дар 7 797 алад чоп шудааст. Фармоиши №. 18-273.

Дар матбааи хонаи эҷодии таъбу наشري «Ўзбекистон»-и
Агентии ахборот ва матбуоти Ўзбекистон чоп карда шудааст
100011, шаҳри Тошканд, кўчаи А. Навоӣ, хонаи 30

**Чадвали нишондиҳандаи ҳолати китоби
ба иҷора додасуда**

№	Ному насаби донишомӯз	Соли хониш	Ҳолати китоб хангоми	Имзои роҳбари синф	Ҳолати китоб хангоми супоридан	Имзои роҳбари синф
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

Китоб хангоми ба иҷора дода шудан ва дар охири соли хониш хангоми баргардонида гирифтаг дар чадвали зерин аз тарафи роҳбари синф аз рӯи меъёрҳои зерин баҳо гузошта мешавад:

Нав	Ҳолати китоби дарсӣ хангоми бори аввал супоридан.
Хуб	Муқовааш яклухт, аз қисми асосии китоб чудо нашудааст. Ҳамаи варақҳои ҳаст, надаридааст, чудо нашудааст, дар саҳифаҳо навишта ва хатҳо нест.
Қаноатбахш	Муқова қат шудааст, канорҳои қоҳида, якчанд хатҳо қоҳида, ҳолати аз қисми асосӣ чудошавӣ дорад, аз тарафи истифодабаранда қаноатбахш таъмир шудааст. Варақҳои чудошудааш аз нав таъмир шуда, дар баъзе саҳифаҳо хат қоҳида шудааст.
Ғайриқаноатбахш	Муқова хат қоҳида шудааст, даридааст, аз қисми асосӣ чудо шудааст ё умуман нест, ғайриқаноатбахш таъмир шудааст. Саҳифаҳо дарида, варақҳо намерасанд, хат қоҳида, ранг карда шудааст, китобро барқарор карда намешавад.